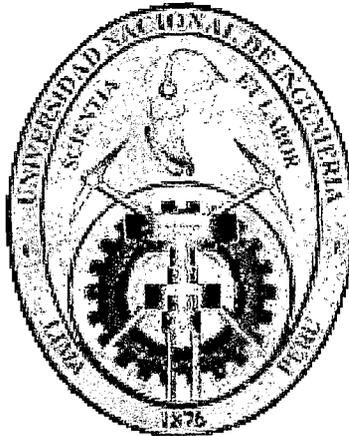


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS



**MEJORA DEL PROCESO DE FUNDICIÓN
APLICANDO LA METODOLOGÍA**

LEAN - SIX SIGMA

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO INDUSTRIAL.

VEGA CALERO, WILDER AURELIO

LIMA – PERÚ

2012

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

DEDICATORIA:

A Dios el dueño de todas las cosas su gracia y bendición perdure siempre, a mis padres, Olisa y Paulino, mis dos grandes tesoros, mi agradecimiento eterno, todo mi reconocimiento y cariño.

AGRADECIMIENTO

A mi familia por su infinito amor, a mis profesores gracias por hacer posible que el conocimiento se haga realidad y sea útil, a mis compañeros por el aliento constante en este camino a la excelencia, gracias a todos.

ÍNDICE

DEDICATORIA:	2
AGRADECIMIENTO	3
DESCRIPTORES TEMATICOS.....	8
RESUMEN.....	9
INTRODUCCION.....	10
CAPITULO I.....	13
DIAGNOSTICO ACTUAL.....	13
1.1. DIAGNOSTICO FUNCIONAL.....	13
1.2. DIAGNOSTICO ESTRATEGICO.....	18
1.3. DEFINICION DEL PROCESO ACTUAL.....	26
1.3.1. PROCESO DE FUNDICION.....	27
1.3.2. RECURSOS.....	29
1.3.3. PRODUCTO.....	30
1.3.4. DEFECTO.....	30
1.3.5. IDENTIFICACION DE CLIENTES Y SUS CTQ`s (Critical to Quality).....	31
1.3.6. SITUACIÓN INICIAL DEL PROCESO.....	33
1.4. OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL PROCESO.....	36
CAPITULO II.....	38
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....	38

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	38
2.1.1. ALCANCE.....	39
2.1.2. IMPACTO ECONOMICO PRELIMINAR.....	39
2.2. MEDICIÓN DEL PROCESO.....	40
2.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.....	40
2.2.2. DEFINICIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO.....	42
2.2.3. ESTRUCTURA DE TOMA DE DATOS.....	42
2.2.4. TIPO DE DISTRIBUCION MUESTRAL.....	43
2.2.5. PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL:.....	44
2.2.6. DESCRIPCION DE DATOS.....	45
2.2.7. CONDICIONES INICIALES – DATOS 2010.....	46
2.2.8. MEDICIÓN DEL NIVEL SIGMA INICIAL.....	51
2.2.9. MEDICIÓN DE CAPACIDAD DE PROCESO INICIAL.....	53
2.2.10. VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.....	54
2.3. ANÁLISIS DEL PROCESO.....	54
2.3.1. ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLAS.....	56
2.3.2. FACTORES.....	59
2.3.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN ANOVA.....	59
2.3.4. ANÁLISIS DE VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO.....	64
2.3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES CLAVES DE ENTRADA.....	66
2.3.6. IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍCES.....	68
CAPITULO III.....	73
MARCO TEÓRICO.....	73
3.1. EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD.....	73
3.2. SEIS SIGMA.....	77

3.3.	DISTRIBUCIÓN NORMAL.....	82
3.4.	METODOLOGÍA LEAN - SEIS SIGMA: DMAIC.....	85
3.4.1.	ETAPA DEFINIR.....	86
3.4.2.	ETAPA MEDIR.....	89
3.4.3.	ETAPA ANALIZAR.....	94
3.4.4.	ETAPA MEJORAR.....	96
3.4.5.	ETAPA DE CONTROL.....	98
3.5.	LEAN- SEIS SIGMA.....	104
3.5.1.	MAPEO DE PROCESOS.....	106
3.5.2.	IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA.....	107
3.6.	PROCESO DE FUNDICION.....	110
3.6.1.	FUNDICION.....	110
3.7.	NORMA TÉCNICA DE CALIDAD: ASTM 377.....	113
	CAPITULO IV.....	115
	PROPUESTA DE MEJORA.....	115
4.1.	CUANTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES.....	116
4.2.	DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA.....	116
4.3.	IMPACTO DE LAS SOLUCIONES EN LAS CAUSAS.....	120
4.4.	DETALLE DEL PLAN DE IMPLANTACION DE SOLUCIONES.....	121
4.5.	PLAN GENERAL DE CAPACITACION EN CALIDAD DE GESTION	
	127	
	CAPITULO V.....	129
	EVALUACION DE RESULTADOS.....	129
5.1.	MEJORAS EN INDICADORES PRINCIPAL Y RELACIONADOS.....	129
	CAPITULO VI.....	139

SISTEMA DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LAS MEJORAS.....	139
6.1. SISTEMA DE MEDICIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS.....	139
6.2. MONITOREO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS.	140
6.3. MONITOREO DE INDICADORES Y PROYECTOS.....	142
CAPITULO VII	144
EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	144
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
CONCLUSIONES:	147
RECOMENDACIONES:	150
GLOSARIO DE TERMINOS	151
BIBLIOGRAFIA.....	153

DESCRIPTORES TEMATICOS

- Proceso de Fundición.
- Mejora de Procesos.
- Six Sigma
- Lean Manufacturing.
- Pensamiento estadístico.
- Identificación de oportunidades de mejora.
- Análisis estadístico.
- Análisis causa - efecto.
- Diseño de soluciones.
- Correlación y regresión.
- Verificación de resultados.

RESUMEN

La realidad de los procesos Productivos de la Industria Peruana en especial las PYMES, es que cuentan con Procesos con altos niveles de variación en aspectos como: el uso de los recursos, en cumplir con especificaciones técnicas de calidad, en % de mermas, en el tiempo de ciclo productivo, etc. Estas variaciones ocasionan; costos adicionales de producción que afectan directamente la rentabilidad de la empresa, productos fuera de la especificación de calidad ocasionando reclamos y devoluciones del producto, perdida de fidelización del cliente, inadecuada planificación de tiempos de entrega, etc.

Por tanto las empresas encontrándose en un mercado competitivo tanto en precio y calidad, como primer paso deben apostar por reducir esta variación de sus procesos internos, para mejorar su rentabilidad e iniciar una cultura enfocada a la aplicación de herramientas de calidad para la gestión de los negocios.

El trabajo realizado en esta tesis apuntó a reducir la variación del proceso de fundición, planteando las mejoras que condujeron a incrementar la calidad, velocidad y disminuir la complejidad que presentaba el proceso de Fundición, transformándolo en un proceso esbelto y con menos variación que en su estado inicial, para lograr el objetivo utilicé la metodología Lean - Seis Sigma, combinación perfecta para eliminar variación con Seis Sigma y lograr la esbeltez del proceso con el pensamiento Lean Manufacturing eliminando todo aquello que no agrega valor al proceso.

INTRODUCCION

La aplicación de la tesis se centro en el Proceso de Fundición de aleaciones de cobre, proceso que forma parte del Macro proceso de una empresa productora y exportadora de tuberías y accesorios a base de aleaciones de cobre para la Industria de Manufacturas e Inmuebles, el Proceso de Fundición es el proceso más importante ya que provee a los demás procesos la materia prima básica, con los estándares de calidad y volúmenes de producción que requieren los demás procesos, consta de 8 subprocesos en línea, consta de 4 hornos que en el día en promedio consumen 12 toneladas de chatarra, y cuyo % de merma inicial representaba el 6.5% ,cuenta con un área de calidad de pruebas químicas, área de moldeado, almacenaje , selección y aprovisionamiento de chatarra, etc.

En el diagnostico se identificó que la aleación de cobre 37700 era la que ocasionaba el mayor % de merma, frente a esto se definió elevar el % de eficiencia del proceso de Fundición, a través del análisis de datos y del análisis de causas raíces, identificándose las variables críticas del proceso ,y a través de herramientas estadísticas se confirmaron estas variables críticas, el nivel sigma inicial del proceso fue $\sigma = 1.5$ que representa 645,236.00 defectos por millón de oportunidades (DPMO), luego de las mejoras el nivel sigma subió a $\sigma = 2..98$ que representa 2700 DPMO.

El tiempo inicial del ciclo de fundición fue de 4.8 horas, para reducir el tiempo se identificó los procesos que no agregaban valor reduciendo la complejidad, se plantearon las mejoras reduciendo el tiempo a 3.7 horas.

Plateadas las mejoras el % de coladas que no alcanzaban la meta establecida de 95% en eficiencia, se redujo del 71% al 42% , todo esto generó a la empresa un ahorro en promedio de \$ 6000.00 mensuales.

1. Antecedentes

A lo largo del año 2009 el precio de la chatarra (insumo esencial para el proceso de fundición) se elevó considerablemente en un 20% por encima de la tendencia tradicional, sumado a esto los fundidores nacionales tienen que competir por el acopio de la mayor cantidad de chatarra con las empresas exportadoras de chatarra quienes pagan mayor precio y tienen mayor volumen de compras, esto ocasiona que las fundidoras nacionales frecuentemente se queden sin insumo básico para su producción no pudiendo competir en precio. Por tanto en este escenario el acopio de chatarra se convirtió en una actividad estratégica y vital para el desempeño de las empresas que tienen un proceso de fundición en base a la chatarra, como es el caso de la empresa en estudio.

Por tanto la eficiencia en el consumo de la chatarra paso a ser un tema estratégico. Es así que la empresa en el 2009 definió para el proceso de fundición que el % de eficiencia optimo del consumo de chatarra en cada colada no debería ser menor a 95%, entendiéndose por colada como la unidad mínima de producción en el proceso fundición, entonces se definió como un "Incumplimiento" a una colada con % de eficiencia menor a 95%, a lo largo del 2009 el % de incumplimientos fue de 71 % del total de coladas, generando costos adicionales a la empresa por más de \$ 72 000 .

2. Definición del Problema

El problema identificado fue: "Alto porcentaje de incumplimiento en obtener una eficiencia promedio de coladas del 95 %". En el periodo 2009 el incumplimiento fue el 71 % del total de coladas, representando \$72 000.00 (dólares) anuales en sobre costos operativos.

Claro está que cualquier margen por debajo del 95% en la eficiencia representa la merma entre la cantidad de insumo que ingresa al proceso y la cantidad de producto que sale en forma de aleación de cobre en barras cilíndricas.

3. Importancia

La solución del problema del bajo % de eficiencia representaría para la empresa reducción de los costos operativos generando ahorros internos y por tanto rentabilidad.

La generación de procesos óptimos con poca variación, que cumplan con las especificaciones del cliente, que aporten menos mermas, que sirvan para un plan de producción más efectivo.

La generación de procesos flexibles, esbeltos, menos complejos, con menos procedimientos, menos actividades y que todos contribuyan al objetivo de elevar la eficiencia total del proceso.

4. Objetivo:

Incrementar la eficiencia promedio de Fundición en 1,1%, pasando de 93.9 % a 95 % atacando las causas raíces identificadas en la Aleación N°377, proponiendo las soluciones en base a un análisis estadísticos y de procesos de gestión.

5. Alcances:

El desarrollo de la tesis se centra en el Proceso de Fundición, mejora en el % de eficiencia de la aleación de cobre N° 377. Mejora de los indicadores Principales y relacionados, y la generación de ahorro para la empresa.

CAPITULO I

DIAGNOSTICO ACTUAL

1.1. DIAGNOSTICO FUNCIONAL.

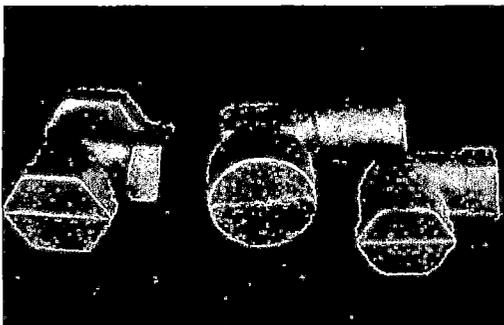
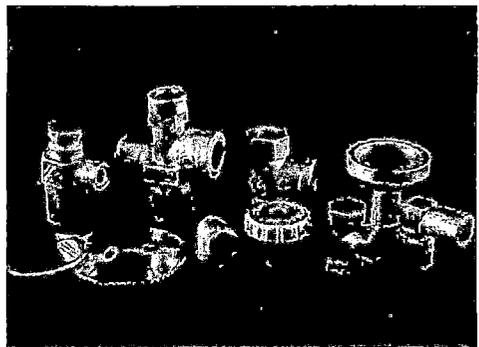
FUNDIDORA S.A.C, es una mediana empresa de capitales peruanos constituida el año 1984, cuando se iniciaba el boom de la construcción, y la demanda de accesorios para este rubro alcanzaba sus niveles picos, inicialmente el total de personas lo conformaba integrantes de la familia , con algunas contrataciones en distribución y producción sumando 12 colaboradores, los procesos iniciales se reducían a ventas , producción y distribución, la producción diaria alcanzaba las 30 toneladas mensuales. La planta productora se ubica en el distrito de Ate con 500 mts²

Actualmente FUNDIDORA S.A.C, lidera el mercado nacional con mas de 75% de participación del mercado de accesorio en cobre, asimismo consolidaron la presencia internacional en países como Ecuador, Colombia, Venezuela, Argentina y México, proyectando dicho crecimiento a otros mercados internacionales, adicional a los accesorios de cobre, también hemos desarrollado barras perforadas y flejes para llaves, utilizando como base aleaciones de cobre y zinc. Además de la producción de varillas y latinas de cobre. Nuestros Productos son manufacturados bajo estrictos controles de calidad en estándares ASTM C36000, ASTM C37100, ASTM C37700, ASTM C38500 y Copper C14200. La fidelización del cliente es en base a la entrega de un producto que supere las expectativas del cliente , para ellos contamos con un sistema de producción acorde con los estándares internacionales.

Entre los productos que ofertamos se encuentran:

Tuberías rectas cilíndricas, hexagonales, barras cilíndricas y hexagonales, accesorios para grifería, llaves, matriceria, accesorios todo en base a aleaciones de cobre en sus distintas presentaciones.

Grafico 1.1 : Productos



Nuestro clientes son líderes en el mercado de accesorios para la construcción con los cuales desarrollamos una relación de socios estratégicos, los cuales exigen los mejores estándares de calidad, somos proveedores homologados con muchos de nuestros clientes

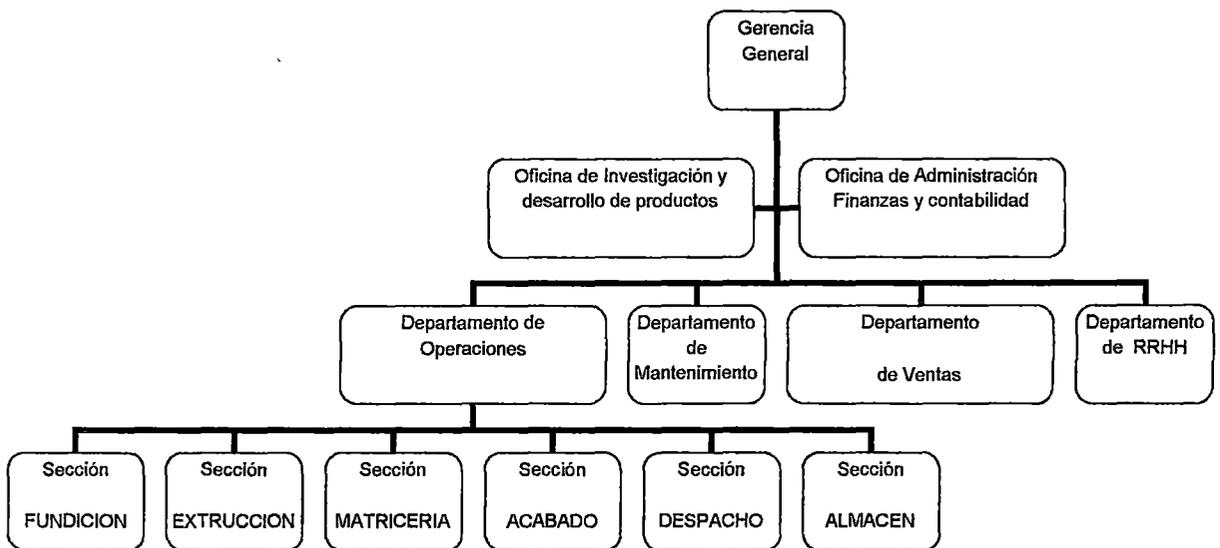
Principales clientes:

Grafico 1.2: Clientes principales.



Contamos con una plana ejecutiva de la mas alta calidad, con profesionales con amplia experiencia en el rubro y con preparación exclusiva en el extranjero, la forma horizontal es debido al concepto de gestión por proceso instalada en la empresa del año 2002.

Grafico 1.3: Estructura funcional.

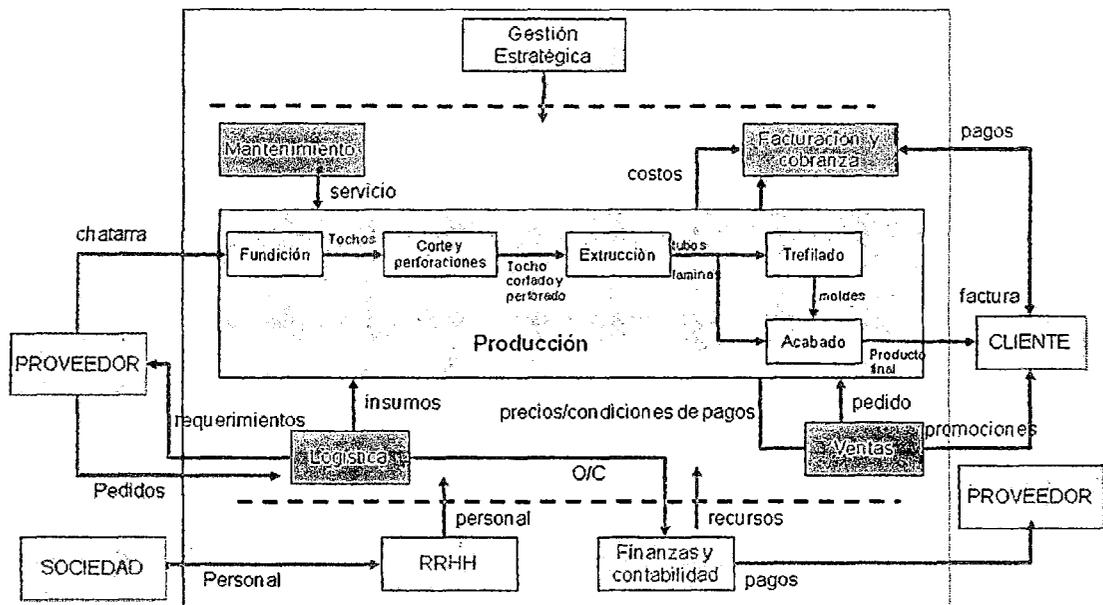


Fuente elaboración propia.

Los procesos que conforman la organización, están relacionadas bajo el concepto de gestión por proceso, contamos con procesos estratégicos, procesos operativos y procesos de soporte, todos alineados al concepto de satisfacción del cliente tanto interno como externo, este concepto lo mantenemos desde el año 2002, con óptimos resultados para la gestión. De

la revisión de las operaciones de la empresa, se ha conceptualizado el siguiente mapa de procesos y sus interrelaciones fundamentales:

Gráfico 1.4 Macro Proceso de la Empresa.



Fuente: elaboración propia.

El mapa de procesos permite tener una visión rápida y sistémica de los procesos de nuestra organización, diferenciar los procesos estratégicos, de los operativos y de los de soporte, y muestra la secuencia fundamental entre dichos procesos. También a partir del mapa de procesos se va identificando la documentación, llámese procedimientos, instructivos, registros, etc., que forman parte del sistema de calidad de la empresa contamos con el ISO 9001, que nos a permitido tener un orden a nivel documentario de nuestros procesos pero todavía existen debilidades para que este orden sea efectivo y permita una operación mas eficiente y con menos variaciones en los procesos. Los procesos estratégicos son los responsables de analizar las necesidades y condiciones del mercado, de la sociedad y de los accionistas.

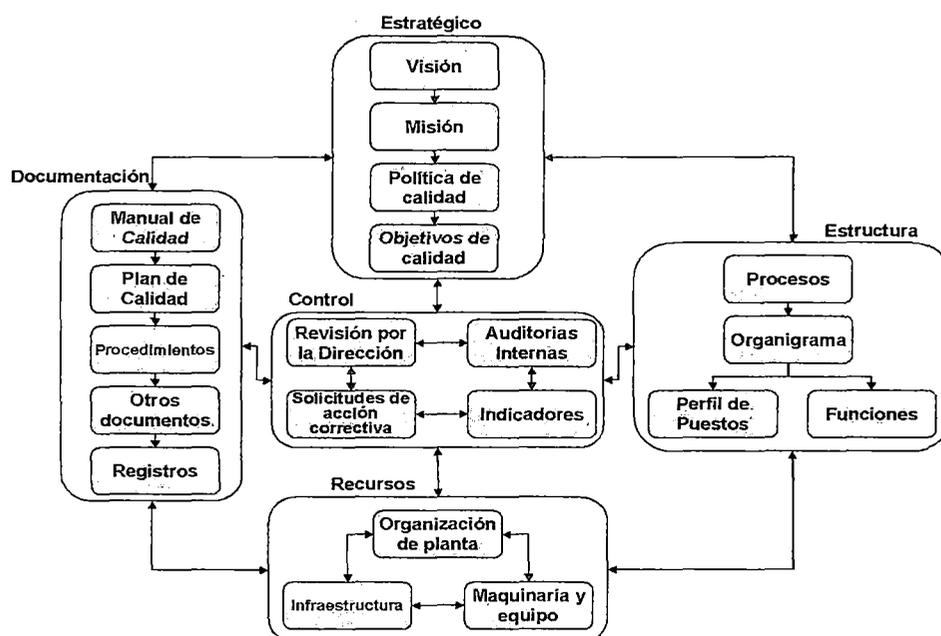
Los procesos operativos definen el negocio de la Organización y permiten diferenciarla de otra. A partir estos procesos el cliente percibirá y valorará la calidad de la empresa. Los procesos de soporte son responsables de

proveer a la organización todos los recursos necesarios, en cuanto a personas, maquinaria y materiales. Dan apoyo a los procesos operativos.

Modelo de calidad.

Los componentes del Modelo de Calidad para FUNDIDORA S.A.C son cinco: el componente Estratégico, componente Documentación, componente Estructura, componente Recursos y el componente Control. Cada uno de ellos tiene un conjunto de elementos que en total, muestran los diferentes aspectos que se tienen que desarrollar en la empresa para mantener con éxito el sistema de gestión de calidad bajo el estándar de la norma ISO 9000:2008 que es con el que actualmente contamos.

Gráfico 1.5 Modelo de calidad



Fuente: elaboración propia.

Pese a contar con una cultura de calidad y un sistema documentario, la empresa adolece de un sistema que le permita reducir las variaciones y desperdicios en todos sus procesos, nuestros productos están restringidos por el precio de venta en el mercado, cada vez más el margen de ganancia es menor, por tanto necesitamos buscar rentabilidad hacia dentro de la

organización, buscando reducir los gastos en producción, con ese objetivo se realizó un plan estratégico orientado a establecer el camino a tomar para afrontar una de las oportunidades de mejora en la empresa que es la reducción de variación de procesos y reducción de gastos en producción como estrategia para incrementar la rentabilidad.

1.2. DIAGNOSTICO ESTRATEGICO.

Consecuente con sus principios de gestión, y conocedora de su situación actual tanto en el aspecto organizativo como el funcional, Fundidora S.A. desarrolló un planeamiento estratégico riguroso y sistemático en el cual irá incorporando a toda su gente tanto en la formulación como en el despliegue del mismo, la ejecución de los proyectos para cumplir los objetivos trazados .

Para la elaboración del plan se siguieron los siguientes pasos:

- a) Análisis Externo y Síntesis de Oportunidades y Amenazas.
- b) Análisis Interno y Síntesis de Fortalezas y Debilidades.
- c) Síntesis de Estrategias Posibles y de Proyectos a realizar.
- d) Revisión de Misión, Visión, Valores y Principios.
- e) Políticas de Fundidora S.A.
- f) Formulación de Objetivos Estratégicos, Indicadores y Énfasis al 2011

Este análisis le permitió a Fundidora S.A, tener conocimiento de su estado actual, y plantear el camino para la mejora en todos los aspectos de la gestión.

I. Filosofía Empresarial: Misión, Visión, Valores y Principios

I.1. Misión

Brindar a nuestros clientes productos en base a aleaciones de cobre con la más alta calidad en armonía con la comunidad y el medio ambiente.

I.2. Visión

Ser reconocidos como una empresa de clase mundial, líder y confiable por su calidad, eficiencia, innovación, seguridad y protección ambiental.

I.3. Valores Empresariales

Fundidora S.A. comparte y fomenta que se practiquen los siguientes valores:

- Ética, seriedad y confiabilidad
- Nos preocupamos por asegurar el cumplimiento de las leyes y nuestros compromisos en cada una de nuestras acciones.
- Satisfacción, seguridad y desarrollo integral de nuestros colaboradores
- Buscamos la satisfacción personal de nuestros colaboradores a través de la capacitación continua, el aseguramiento de la calidad de vida y la seguridad en el trabajo
- Mejora continua en procesos, calidad, e innovación tecnológica
- Buscamos la excelencia de nuestro desempeño a través del fomento de la innovación continua de productos, equipos y procesos.

II. Objetivos Estratégicos e Indicadores

Fundidora S.A considera ocho grupos de interés a los cuales debe buscar satisfacer sus expectativas válidas permanentemente, ellos son: los clientes, nuestros colaboradores, accionistas, la comunidad, el estado, los acreedores financieros, armadores y proveedores. Enmarcado en la Visión y luego del análisis realizado ha definido los siguientes objetivos estratégicos al 2011 e indicadores que monitoreará:

II.1. OBJETIVO N° 1: LOS CLIENTES: Clientes plenamente satisfechos con la calidad de nuestros productos y el servicio recibido.

Indicadores:

- Índices de Satisfacción de Clientes (Encuesta)
- Índices de Reclamos

- Índice de Fidelidad de clientes clave.

II.2. Objetivo N°2: Obtención de mayor Rentabilidad reduciendo los gastos operativos.

- Eficiencia en el uso de recursos.
- Reducción de desperdicios.
- Mejora de los procesos.

II.3. Objetivo N°3: NUESTROS COLABORADORES: Contar con líderes y colaboradores competentes, motivados y comprometidos, que reconozcan a Fundidora SA como un gran lugar para trabajar.

Para dar cuenta de ello y monitorear los avances llevaremos los siguientes indicadores:

- Índice de Desempeño (Evaluación)
- Clima Organizacional
- Índice de Accidentabilidad
- Índice de Salud

II.4. Objetivo N°4: LOS ACCIONISTAS, muy satisfechos con la gestión de la empresa y los resultados obtenidos

Para su monitoreo se llevarán los indicadores siguientes:

- Retorno sobre Inversión (ROI)
- Retorno sobre el Patrimonio (ROE)

II.5. Objetivo N°5: Comunidades donde operamos nos reconocen como una empresa seria, socialmente responsable y respetuosa del medio ambiente

Los indicadores a monitorear serán:

- Autoevaluación Responsabilidad Social Empresarial
- ISO 14001: Certificación 2008

II.6. Objetivo N°6: EL ESTADO, ser reconocidos como una empresa que mantiene un correcto cumplimiento de la normatividad tributaria, laboral, sectorial, ambiental, local, entre otras

- Sanciones PRODUCE.
- Reporte de Ocurrencia (RO)
- Multas Administrativas / Ventas
- Procesos laborales en curso.

II.7. Objetivo N°7: Acreedores Financieros satisfechos con el cumplimiento de compromisos, han convertido a fundidora S.A. en cliente preferente con tasas y condiciones óptimas.

Los indicadores de medición son los siguientes:

- Clasificación de Riesgo
- Índice de endeudamiento
- Índice de liquidez ajustado

II.8. Objetivo N°8: Obtención de mayor Rentabilidad reduciendo los gastos operativos.

- Eficiencia en el uso de recursos.
- Reducción de desperdicios.
- Mejora de los procesos.

II.9 Objetivo N°9: Contar con proveedores serios que satisfagan las necesidades de la empresa.

- Índice de Satisfacción de Proveedores

III.-Énfasis y Metas para el año 2011

Considerando la situación actual, Filosofía empresarial y el cuadro estratégico FODA se han definido los siguientes énfasis para el año 2011

identificando los indicadores que desarrollaremos (D), donde buscaremos mejora profunda (MP), mejoras (M) y aquellos que por el año buscaremos al menos mantener (MT).

Cuadro 1.1. Objetivos específicos 2011

Stakeholder	Objetivos específicos	Indicador	Acciones / Enfasis			D
			MT	M	MP	
Clientes	Satisfacción de Clientes	Índice de Satisfacción de Clientes (Encuesta)		X		
	Fidelidad de Clientes	Índice de Reclamos Índice de Fidelidad de Clientes Clave (HP y AP)		X		X
Colaboradores	Comportamiento Ético	Evaluación del Comité de Ética		X		
	Productividad / Desempeño	EBITDA de la Producción por trabajador equivalente		X		
	Liderazgo, Motivación y Compromiso	Índice de Desempeño (Evaluación)		X	X	X
	Seguridad Industrial	Clima Organizacional (Encuesta GPTW)		X		X
	Salud Ocupacional	Integración Cultural Índice de Accidentabilidad				X
Accionistas	Calidad de la Gestión	Puntaje del Modelo de Gestión		X		
	Competitividad y Eficiencia Operativa	Retorno sobre Inversión (ROI)			X	X
		Retorno sobre Patrimonio (ROE)			X	
	Incrementar el valor patrimonial de la compañía	Margen EBITDA de la Producción / Ventas Deuda Estructural / (DE + Capital)	X	X	X	X
Comunidad	Responsabilidad Social	Autoevaluación RSE (corporativo)		X		X
	Imagen General	Ranking en Encuesta Especializada		X		X
	Certificación Ambiental	Conflictos sociales ISO 14001		X	X	
Estado	Reconocimiento por cumplimiento de normas	Sanciones PRODUCE Reporte de Ocurrencia (RO) Multas Administrativas / Ventas Procesos laborales en curso		X X	X X	X X X
Acreedores Financieros	Reconocimiento por cumplimiento de compromisos	Clasificación de Riesgo	X			
		Índice de endeudamiento		X		
		Índice de liquidez ajustado		X		
		Índice de cobertura de servicio de deuda	X	X		
		Posición Financiera ajustada / EBITDA de la Producción Costo Promedio de la Deuda	X			
Empresa	Obtención de mayor rentabilidad reduciendo gastos productivos.	Eficiencia en el uso de recursos Mejora de procesos	X	X X		X X
Proveedores	Relaciones de mutuo beneficio a largo plazo	Período promedio de pago Índice de Satisfacción de Proveedores % de Proveedores Calificados		X X X		X X X

IV.-Proyectos Estratégicos / PO Matrix

IV.1.- Proyectos a desarrollar en el año 2011

Considerando las estrategias FODA y los objetivos específicos en los que se hará énfasis en el año 2011, se priorizaron y seleccionaron 6 proyectos estratégicos y 13 proyectos operacionales, los cuales se detallan a continuación:

Cuadro 1.2. Proyectos Estratégicos y Operacionales 2011

PROYECTOS ESTRATEGICOS	
PE 01	Compra de Licencias
PE 02	Proyecto de mejora integral de planta productiva
PE 03	Proyecto de implementación de la certificaciones de calidad
PE 04	Desarrollar monitoreo de tecnologías de extrucción.
PE 05	Incrementar la rentabilidad reduciendo gastos en todas las áreas
PE 06	Cambio gradual de plantas de petróleo a gas.

PROYECTOS OPERACIONALES	
PO 01	Plan de certificaciones de calidad: ISO 14001, OHSAS 18000
PO 02	Diseñar programa para reducción de gastos en producción: aplicando metodologías enfocadas a la mejora de procesos y reducción de mermas.
PO 03	Mejorar el sistema de control y consumo de energía.
PO 04	Mejorar las operaciones y tiempos en los procesos.
PO 05	Optimizar la eficiencia de la planta
PO 06	Disminuir consumo de energía en plantas
PO 07	Incrementar el uso eficiente de materia prima .
PO 08	Mejorar proceso logístico para contratación de servicios.
PO 09	Programa de desarrollo organizacional
PO 10	Capacitación a operarios y personal de supervisión.
PO 11	Mejorar proceso de evaluación y seguimiento de proyectos de inversión.
PO 12	Implementación de sistema integral de indicadores
PO 13	Optimizar el ciclo de compras-pagos y estrategias de liberación

Observamos que la presente tesis se enfoca en el proyecto estratégico PO5 “incrementar la rentabilidad reduciendo gastos en todas las áreas” a si como los proyectos operacionales PO2,PO4,P05 y ,PO7.

V. Análisis FODA

Partiendo de las oportunidades, amenazas, fortalezas y debilidades se generaron las siguientes estrategias, las cuales posteriormente se agruparon en la 1era versión de proyectos estratégicos y proyectos operacionales.

Cuadro 1.3: FODA.

a) Estrategias Fortalezas / Debilidades vs. Oportunidades

Nº	FORTALEZAS	Nº	DEBILIDADES
F1	Ubicación de la planta.	D1	Servicios Integrales en planta
F2	Mantenimiento y operatividad de planta	D2	Innovación tecnológica en planta
F3	Captación y fidelización de operarios.	D3	Baja relación entre capacidad de planta propia y capacidad de plantas terceros.
F4	Operarios especializados y calificados	D4	Áreas operativas con bajos niveles de eficiencia
F5	Información para la gestión de operaciones.	D5	Gestión de mantenimiento preventivo
F6	Sistemas de control de combustible	D6	Falta de manejo de operarios y contralistas.
F7	Posicionamiento de la empresa.	D10	Posicionamiento de marca
F8	Ubicación y capacidad de nuestras plantas	D11	Baja flexibilidad .
F9	Sistema de descarga y recepción de insumos.	D12	Infraestructura / Cadena logística.
F10	Diversificación de clientes.	D13	Consumos y costos de operación elevados en planta
F11	Buena relación con los clientes	D15	Falta de información acerca de nuestros mercados y consumidores finales
F12	Negociación de contratos de venta	D16	Gestión y funcionalidad de sistemas
F13	Seguridad industrial en nuestras plantas	D17	Liderazgo y comunicación entre áreas
F14	Buena imagen y reconocimiento de la empresa en el país y el exterior	D18	Seguridad industrial en planta.
F15	Infraestructura, herramientas y soporte de sistemas.	D19	Demoras en el proceso de cierre contable
F16	Decisión y compromiso de la empresa por adoptar modelo de gestión de excelencia	D20	Gestión de inventarios
F17	Gestión de compras y negociación logística	D21	Análisis y gestión del conocimiento
F18	Gestión tributaria	D22	No se ha logrado sensibilizar al personal en los principios de gestión
		D23	La misión, visión y valores aun no están interiorizados en la totalidad del personal
		D24	El plan de gestión anual no contempla todos los proyectos que se realizan en las áreas
		D25	No se evalúan las cargas de trabajo para elaborar y distribuir los proyectos, dificultando su cumplimiento
		D26	No se efectúa un seguimiento riguroso de la ejecución del plan de gestión
		D27	No se efectúa una medición de la imagen de la empresa que permita elaborar planes de acción y mejora
		D28	Falta desplegar e integrar el sistema de información de indicadores
		D29	No se efectúa en la organización evaluaciones de desempeño para identificar necesidades de capacitación y/o entrenamiento
		D30	Programas de capacitación y desarrollo no se planifican y evalúan adecuadamente
		D31	No existe una sincronización de todas las actividades que se realizan (capacitaciones, auditorías internas, externas, reuniones, etc.), generando cruces e inasistencia.
		D32	Las políticas y procedimientos de la empresa no están normalizados. Falta difusión.
		D33	Relación cliente proveedor interno (mejorar servicio al cliente interno)

Nº	OPORTUNIDADES	FORTALEZAS / OPORTUNIDADES	DEBILIDADES / OPORTUNIDADES
O1	Crecimiento de la población mundial y la demanda por productos para uso doméstico.	F7, F10, F18: Investigar mercados y evaluar alternativas para ampliar servicios y captar nuevos clientes	D15, D28: Contar con un analista de información comercial.
O2	Aprovechar demanda de servicios post venta.		D11: Aprovechar la diversidad de productos en base a aleación de cobres . Análisis de rentabilidad de productos
O3	Crecimiento de la industria de la construcción.		D8, D9: Consolidar el negocio de productos en base a aleaciones de cobre
O4	El crecimiento de la minería dejara una industria metal mecánica fortalecida y con mercado internacional.		
O5	Nuevas tecnologías para reducción de mermas	Esfuerzo en implementar metodologías de mejora de procesos apoyados por el nivel de competencias del	
O6	Acuerdo comercial con China (inicio de negociaciones)	Impulsar a través de gremios reducción de aranceles para exportación de productos no tradicionales	
O7	Alta demanda por productos relacionados con aleaciones de cobre	F18: Aprovechar buena imagen en el exterior y marca para comercializar productos basados en aleaciones de	D15, D17: Realización de investigación de mercado para segmentos de mercado potenciales.
O8	Implementación del Sistema de unidades de venta.	F3: Fidelización de clientes claves, con promociones especiales. F4, F5 y F6: Identificar las Claves del Éxito de la Operación de ventas al interior del país	
O9	Desarrollo de sustitutos para accesorios de plástico.	F8: Investigación y Análisis para utilización de sustitutos de accesorios de plástico.	

b) Estrategias Fortalezas / Debilidades vs. Amenazas

N°	FORTALEZAS	N°	DEBILIDADES
F1	Ubicación de la planta.	D1	Servicios integrales en planta.
F2	Mantenimiento y operatividad de planta.	D2	Innovación tecnológica en planta
F3	Caplación y fidelización de armadores independientes	D3	Baja relación entre capacidad de planta propia y capacidad de plantas contratista.
F4	Operarios especializados y calificados	D4	Áreas con bajo niveles de eficiencia
F5	Información para la gestión de operaciones	D5	Gestión de mantenimiento preventivo
F6	Sistemas de control de combustible y energía	D6	Falta de manejo de operarios.
F7	Supervisión y control del manejo de los insumos.	D8	Control del proceso .
F8	Calidad en el procesamiento de Congelados	D9	Conocimiento y desarrollo del mercado de accesorios
F9	Posicionamiento de la marca en mercado de sanitarios	D10	Posicionamiento de marca en sector construcción.
F10	Sistema de descarga y recepción de materia prima	D11	Infraestructura / Cadena logística para plantas
F11	Producción con calidad.	D12	Consumos y costos de operación elevados en algunas plantas
F13	Buena relación con los clientes	D13	Falta de información acerca de nuestros mercados y consumidores finales
F14	Negociación de contratos de venta.	D14	Gestión y funcionalidad de sistemas
F15	Seguridad industrial en nuestras plantas	D15	Liderazgo y comunicación entre áreas
F16	Buena imagen y reconocimiento de la empresa en el país y el exterior	D16	Seguridad industrial.
F17	Infraestructura, herramientas y soporte de	D17	Demoras en el proceso de cierre contable
F18	Decisión y compromiso de la empresa por adoptar modelo de gestión de excelencia	D18	Gestión de inventarios
F19	Gestión de compras y negociación logística	D19	Análisis y gestión del conocimiento
F20	Gestión tributaria	D20	No se ha logrado sensibilizar al personal en los principios de gestión
		D21	La misión, visión y valores aun no están interiorizados en la totalidad del personal
		D22	El plan de gestión anual no contempla todos los proyectos que se realizan en las áreas
		D23	No se evalúan las cargas de trabajo para elaborar y distribuir los proyectos, dificultando su cumplimiento
		D24	No se efectúa un seguimiento riguroso de la ejecución del plan de gestión
		D25	No se efectúa una medición de la imagen de la empresa que permita elaborar planes de acción y mejora
		D26	Falta desplegar e integrar el sistema de información de indicadores
		D27	No se efectúa en la organización evaluaciones de desempeño para identificar necesidades de capacitación.
		D28	Programas de capacitación y desarrollo no se planifican

N°	AMENAZAS	FORTALEZAS / AMENAZAS	DEBILIDADES / AMENAZAS
A1	Poca oferta de mano de obra calificada		
A2	Elevación del precio internacional de los metales.	F1, F3, F11: Estrategia de fidelización de clientes a largo plazo	D5: Reforzar el mantenimiento preventivo.
A3	Demanda internacional de chatarra, escases de la chatarra .	Realizar coordinaciones con gremio para evitar monopolios	
A5	Incremento del precio de los combustibles.		D4-D13: Identificar y analizar causas raíz para plantear soluciones
A6	Mayor presión sobre temas ambientales. Necesidad de inversiones para adecuación a leyes y estándares internacionales.	F14: Completar pruebas y mejorar los sistemas de recuperación del proyecto, luego implementario.	
A7	Mayor presión de las comunidades vecinas, imponiendo condiciones para trabajos.	F18: Proyecto de Responsabilidad Social	
A8	Mayor presión internacional sobre temas sanitarios, restringiendo operaciones y/o accesos a mercados.	Certificaciones de Calidad	D12: Mejorar condiciones de producción.
A9	Competencia desleal	F18: Gestionar mejoras en controles y sanciones de PRODUCE	
A10	Mayor rigidez en la legislación laboral, encarece los costos de personal.		
A11	Incremento de costos en la prestación de servicios		

1.3. DEFINICION DEL PROCESO ACTUAL.

El proceso de fundición analizado en esta tesis, se ubica en la empresa dentro del macro proceso de producción, conformado por ; Proceso de corte y perforaciones, proceso de extrucción, trefilado y el proceso de acabado , quienes conforman un proceso productivo secuencial y lineal, esto quiere decir que al presentarse un cuello de botella en alguno de los procesos esto retrasa todo el ciclo productivo, además si cualquiera de los procesos suministra un producto fuera de especificación el siguiente proceso no tendrá la capacidad de rectificar el defecto y finalmente el ciclo arroja un producto fuera de especificación, observamos que fundición es un proceso operativo estratégico, base de la línea productiva y responsable de suministrar el Billets o Tocho (aleación de cobre) insumo básico para los demás procesos, este insumo debe cumplir con normas técnicas de calidad ASTM C377, además de las especificaciones del cliente, inicialmente el 80% de los productos suministrado por fundición no cumplían con los requerimientos exigidos, la variación en los resultados de cada etapa era lo común y se identificaba como “aceptable” los defectos producidos.

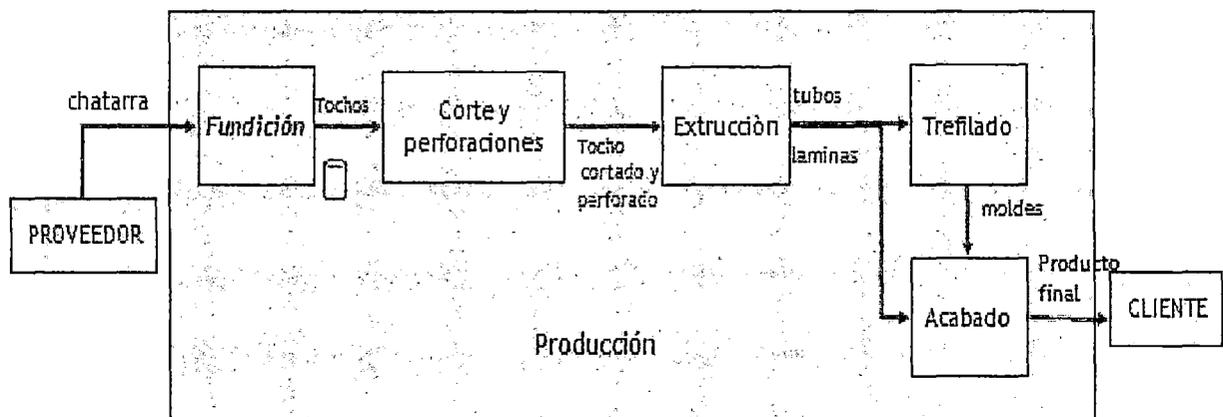
En el proceso intervienen múltiples factores: técnicos como la temperatura, presión, tiempo de cocción, calidad de insumos metálicos, reacciones de fusión, etc. De gestión: como mantenimiento de equipos, experiencia del personal, etc. Tecnológicas: como hornos de crisol, dispositivos electrónicos y mecánicos, entre otros. En suma este proceso presento un grado de complejidad cuyo análisis requirió el uso de herramientas estadísticas que el lean Seis Sigma proporciono.

Inicialmente la característica principal fue la gran cantidad de defectos que proporcionaba a los demás procesos mermando la eficiencia global de la planta. Fundición es un proceso irreversible, los defectos que produce no puede ser rectificado en el proceso siguiente, recayendo en mermas y finalmente en el alto costo productivo. La chatarra su principal insumo es un recurso escaso y costoso, por tanto el uso eficiente de los recursos en

fundición, la reducción de la variación y los defectos era un proyecto evidente en el primer análisis del proceso.

El macro proceso productivo es una cadena secuencial con 5 procesos bien definidos: Fundición, Corte y perforaciones, Extrucción, Trefilado y Acabado, cuyo insumo principal es la chatarra, y los productos son accesorios en base a aleación de cobre según norma ASTM. Al ser una cadena secuencial los defectos proporcionados por la etapa anterior no puede ser corregido en la siguiente etapa, ocasionando finalmente un producto con defectos y pérdidas económicas. Es así que cobra importancia el concepto de calidad dentro de la cadena productiva, desplazando el concepto inicial de las metas en volumen de producción, producto del análisis de costos productivos. Frente a esto cobra importancia el enfocar los esfuerzos en reducir los defectos, atacando las variaciones específicamente en el área de fundición.

Gráfico 1.6 Macro Proceso Producción:



Fuente: Elaboración propia

1.3.1. PROCESO DE FUNDICION

El proceso de fundición presenta 5 etapas:

- a) **Pesaje y selección:** Aquí se recepción la chatarra metálica, se realiza una selección no rigurosa separando las impurezas tales como; plásticos

arena y metales no permitidos y que es fácilmente identificable. Luego se separa la chatarra en partes según el peso requerido para cada colada.

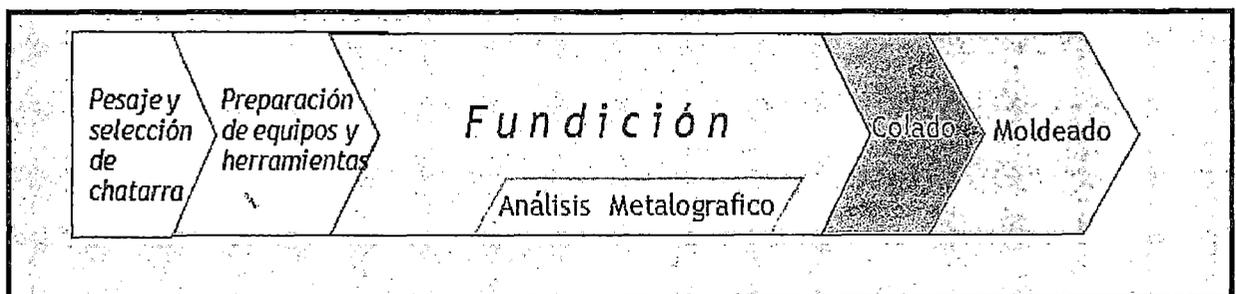
b) Preparación de equipos y herramientas: se requiere utilizar equipos y herramientas cuya puesta a punto es importante para lograr resultados óptimos, se requiere calentamiento del horno de crisol a temperaturas de 1000 C°, calentamiento de la Cayana para la recepción de la colada, se requiere calentamiento de los tochos (moldes), se requiere ubicación de la grúa puente para el transporte de la chatarra, etc.

c) Fundición: En esta etapa se ingresa la chatarra al horno (1200 kg aprox) consistente en diversos metales según fórmula de mezcla especificada en la norma ASTM, empieza el proceso de fusión de los metales, controlando: la temperatura, la fórmula de mezcla y tiempo, esperando la aprobación de la colada según el análisis químico, que debe garantizar la proporción requerida de metales en la colada.

d) Colada: Es la precipitación por gravedad de la mezcla de metales fusionados en el horno de crisol, esta colada se realiza en moldes cilíndricos (tochos), controlando la temperatura de vaciado y el flujo continuo.

e) Moldeado: Es la etapa de enfriamiento de la mezcla en los tochos, aquí es importante los cambios bruscos de temperatura ocasionan rechupes, vacíos internos, etc. Consiste también en la separación de la aleación de los moldes y su almacenamiento y transporte al área de corte.

Gráfico 1.7 Proceso Fundición:



Fuente: Elaboración propia.

Es en resumen la importancia que adquiere el proceso de fundición para toda la línea productiva se torna evidente, por los costos de producción que representa los desperdicios ocasionados por fundición, por tanto la eficiencia en el consumo de la chatarra es el indicador más importante a controlar al asumir un ciclo de mejora dentro del proceso de fundición.

1.3.2. RECURSOS.

La chatarra es el principal recurso cuya característica es ser escasa y costosa, escasa debido a que los actuales proveedores prefieren vender la chatarra a los exportadores quienes ofrecen mejor precio, con los cuales los productores nacionales no pueden competir, y costoso porque debido a la gran demanda y al incremento del precio internacional de los metales ocasiona alzas en los precios de la chatarra, es por eso que el uso eficiente de la chatarra se torna una necesidad prioritaria. Otro recurso importante es la Grúa puente debido a que el proceso requiere el transporte de toneladas de peso, contando solo con una grúa puentes, ocasionando demoras a lo largo del proceso, el personal pieza clave e importante tanto por su experiencia como por contar con un perfil específico para el trabajo en condiciones extremas de temperatura. El proceso cuenta también con los siguientes recursos:

Recursos Humanos

Maestro hornero	3
Asistente de hornero	3
Seleccionador y pesador de chatarra	1
Alimentador de chatarra	1
Manipulador de grúa puente	1
TOTAL	9

Recursos Técnicos:

Horno crisol (capacidad 1.4 Tn)	4
Cayana acero 400 kg	1
Tochos (recipientes cilindros de acero) 3", 4,5", 6".	8
Soplete	1
Balanza electrónica	1
Grúa puente	1
Sistema de combustión a gas	1
Pirómetros	4
Sistema de accesorios para fundición	1

Instalaciones Físicas

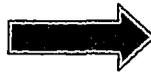
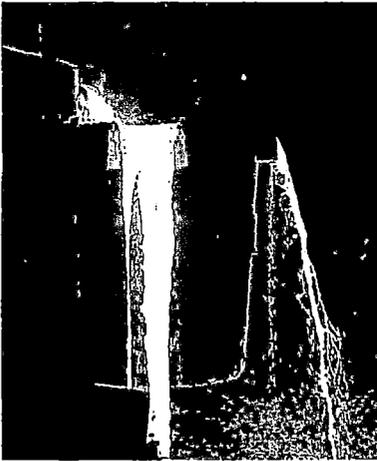
Terreno de Planta	2000 m ²	1
-------------------	---------------------	---

1.3.3. PRODUCTO

El producto elaborado en fundición son las Aleaciones de cobre en forma de barras cilíndricas "Billets-Tochos" de diversos diámetros, elaboradas según normas técnicas ASTM. La colada es la unidad de producción, esta se realiza por gravedad en hornos basculantes de crisol, con capacidad de 1 tonelada, antes de la colada se realiza el análisis químico, en un laboratorio de emisión por chispa, que da el porcentaje de los componentes químicos que contiene la aleación y se realiza el balance de carga respectivamente antes del vaciado en moldes cilíndricos. Este producto es insumo básico para los demás procesos, destinados a elaborar accesorios diversos para el mercado.

COLADA: unidad de producción

BILLETS: Aleación de cobre (tocho)



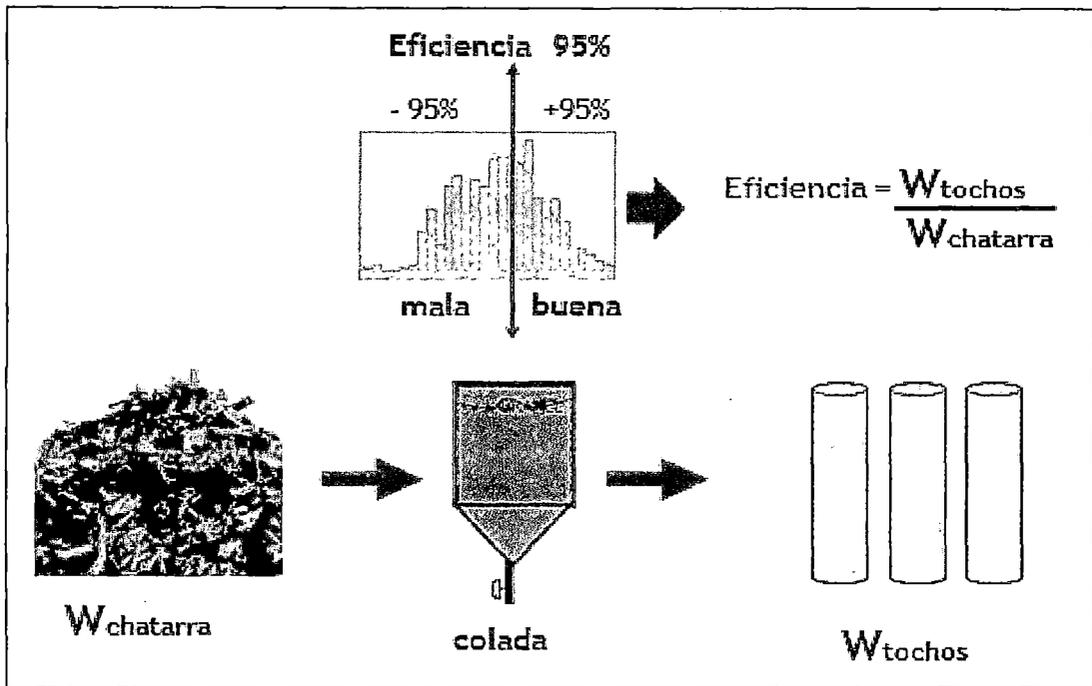
Fuente: imagen disponible

Fuente: imagen disponible

1.3.4. DEFECTO.

Se considera defecto a la colada cuya eficiencia en el uso de recursos está por debajo del 95%, la eficiencia es medida por el peso de chatarra e insumos metálicos ingresados al horno por colada versus el peso total de Billets de aleación de cobre obtenida como producto final.

Gráfico 1.8 Descripción de defecto:



Fuente: Elaboración propia.

1.3.5. IDENTIFICACION DE CLIENTES Y SUS CTQ`s (Critical to Quality).

El proceso de fundición forma parte de la cadena productiva cuyo objetivo es la elaboración de accesorios en base a aleaciones de cobre, dentro de esta cadena el proceso de fundición debe garantizar que el producto proporcionado cumpla con los requisitos críticos de calidad (CTQs) exigidos por el cliente:

PARA EL CLIENTE INTERNO: (Proceso de Trefilado y Proceso de Corte y Perforación)

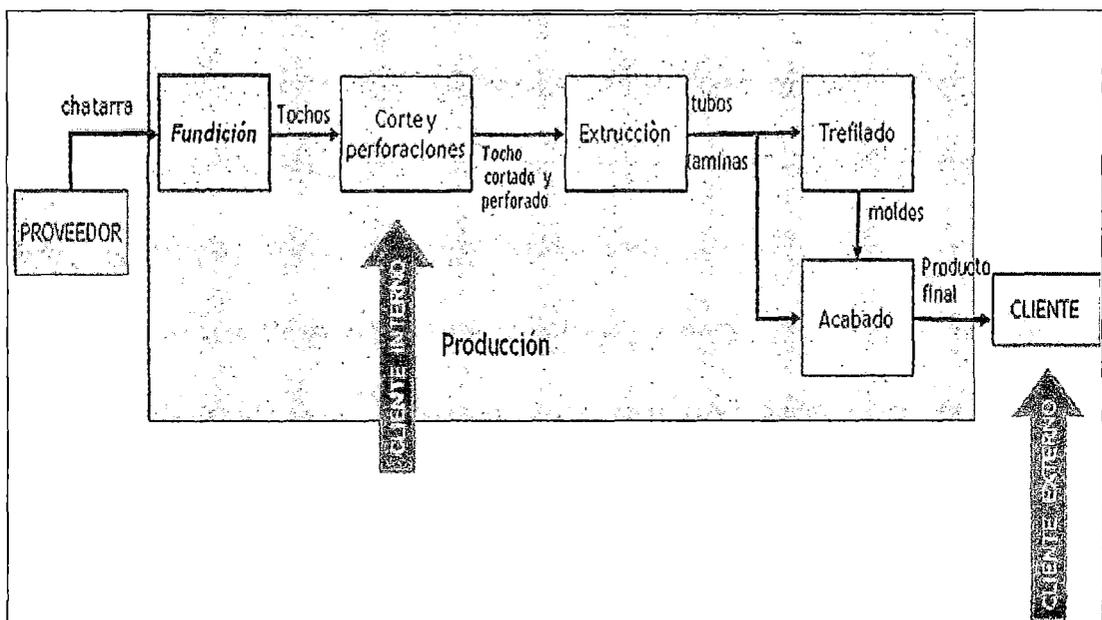
- Entrega de insumo básico (tochos de cobre) en la cantidad planificada, (eficiencia 95%) para que esta área cumpla sus metas exigidas y el plazo ofrecido al cliente

- La entrega de Tochos (aleación de cobre) producto básico para los demás procesos, esta aleación debe cumplir los estándares de calidad internacionales definidos por las normas de aleación ASTM.
- Entrega de Tochos libres de impurezas e imperfecciones (carcasas, rechupes etc.), dado que estas ocasionan defectos en los siguientes procesos productivos.
- Cumplir especificaciones técnicas; % de metales y temperatura.
- Cumplir las metas de producción.

PARA EL CLIENTE EXTERNO:

- Cumplir las normas técnicas. ASTM 377.
- Cumplimiento de especificaciones técnicas: densidades, ductibilidad, tracción, etc.
- Entrega en plazos establecidos.

Gráfico 1.9 Clientes del Proceso



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 1.4 CTQs. (críticos para la calidad)

Voz del cliente		Aspecto clave	Necesidad	CTQ's	
E X T E R. I N T E R N.	• CLIENTE FINAL	Entrega de los productos dentro de las especificaciones de calidad requeridas	Cumplimiento del procedimiento de control y aseguramiento de la calidad	Fidelizar al cliente. Mantener e incrementar el mercado.	% Requerimientos técnicos cumplidos (normas técnicas de calidad)
		Entrega de los productos en el tiempo establecido	Planeamiento y control de la producción	Satisfacción del cliente	% Cumplimiento de compromisos de entrega
I N T E R N.	• AREA DE CORTE Y PERFORACION. • AREA DE TREFILADO • AREA DE VENTAS	Entrega de los tochos o billets sin defectos, sin % de impurezas	control de calidad	cumplimiento de volúmenes de producción	% Billets - tochos sin defectos
		Reducción del consumo de chatarra, costos de producción	Mermas, tiempo de proceso.	Incrementar la eficiencia de los procesos	Eficiencia mayor o igual a 95%
		Cumplimiento de la planificación de producción	Órdenes de producción	Eliminar reprocesos y parada de producción	Eliminar demoras y reprocesos.
		Cumplimiento de la planificación de la demanda	Órdenes de venta	Que las metas de venta coincidan con la demanda.	Pronostico de demanda.

Fuente: Elaboración propia

1.3.6. SITUACIÓN INICIAL DEL PROCESO.

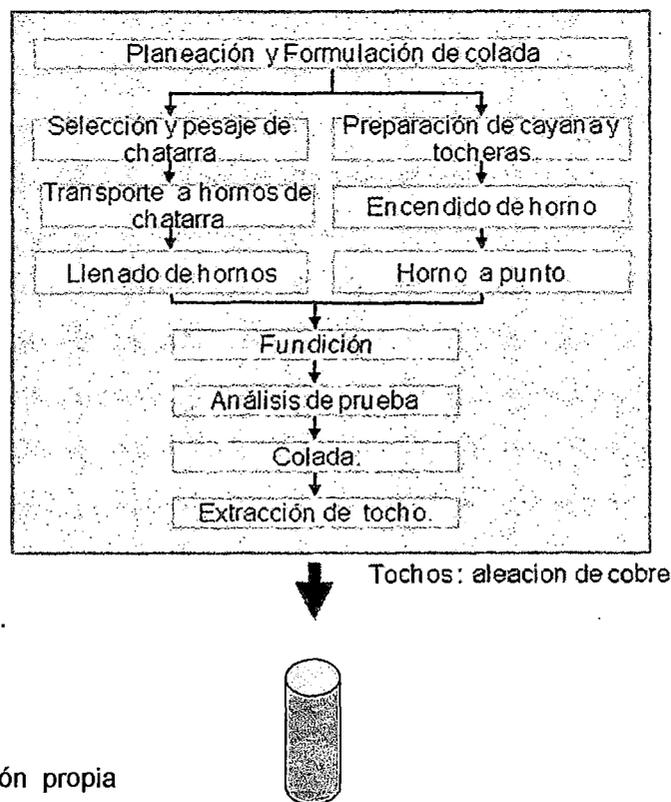
El proceso de fundición a lo largo del 2010 presento una eficiencia del 93,8 % en el uso de su recurso más importante la chatarra, esto represento S/104000.00 (ciento cuatro mil soles) mensuales, esto representa el costo de la merma producida que represento el 6.2 % del consumo total de chatarra.

En el 80% del total de coladas se obtiene una eficiencia por debajo del 95% requerida, se identificó demoras a lo largo de todo el proceso, una sola grúa puente para atender 4 hornos, un solo soplete para el calentamiento de 3 cayanas, entre otras deficiencias tanto en gestión como en aspectos

técnicos que veremos en detalle en el diagnóstico. En los diagramas siguientes identificamos la situación inicial del proceso, tanto en análisis de tiempos, eficiencia y complejidad.

El levantamiento del proceso identificó 11 actividades claramente definidas, desde la planeación y formulación de la colada hasta el almacenamiento de los tochos, todas secuenciales, dentro del consumo de recursos; mano de obra, maquinarias y equipos, materiales e insumos, la chatarra es un recurso crítico y prioritario, se utilizan hornos de crisol de capacidad de 1.2 toneladas, el producto del proceso son aleaciones de cobre en sus diversas presentaciones: aleación C37700, aleaciones especiales, C142, C365, C280, etc.

Gráfico 1.10. Actividades de Fundición



Fuente: Elaboración propia

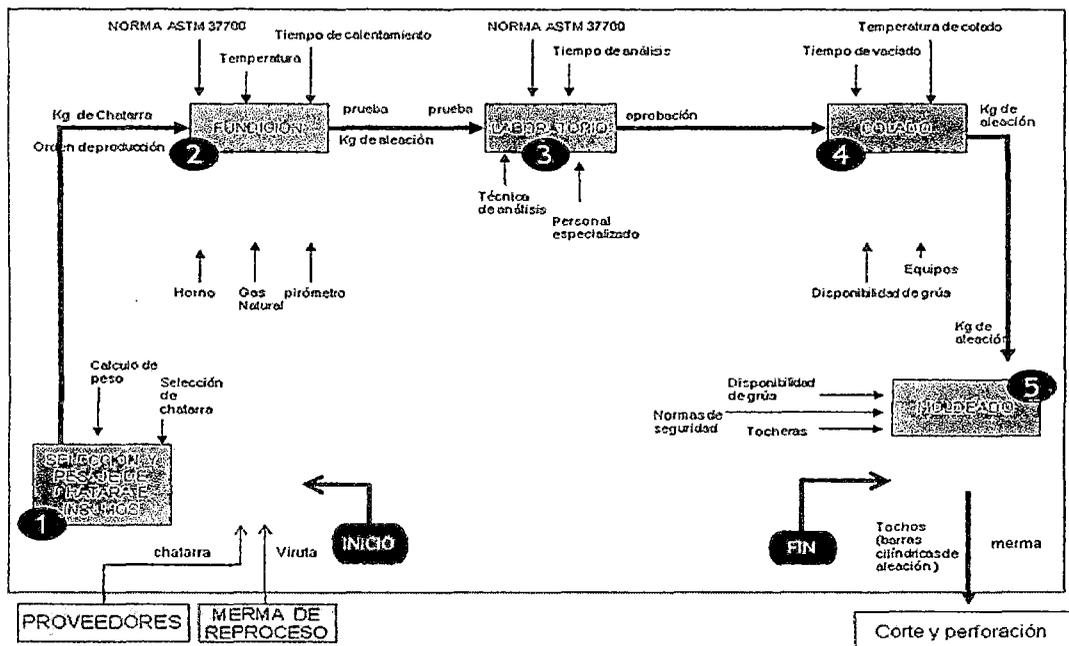
Grafico 1.11. Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración propia

El diagrama SIPOC: Supplier(proveedor)-Input(entrada)-Process(proceso)-Output(salida)-Customer(cliente), describe la relación de cada etapa del proceso con los proveedores y clientes internos, las entradas y salidas permitiendo identificar oportunidades de mejora en algún requerimiento no cumplido.

Grafico 1.12. Diagrama SIPOC.



Fuente: Elaboración propia

Oportunidades de mejora:

Etapas 1:

- Deficiente selección de chatarra, sin procedimiento establecido sin equipos de selección.

Etapas 2:

- Falta de medición de variables críticas.
- Variación de temperatura.
- Variación en tiempo de cocción.
- Desconocimiento de conceptos de calidad.

Etapas 3:

- Tiempo de análisis químico mayor a 10 minutos.
- Falta de balance de carga metálica adecuada para aprobar colada al primer análisis.

Etapas 4:

- Demora en tiempo de colada.

1.4. OPORTUNIDADES DE MEJORA DEL PROCESO.

Analizando las etapas se identificó las siguientes oportunidades de mejora:

Cuadro 1.5. Oportunidades de Mejora.

ETAPAS	d (m)	Tiempo (min)	SIMBOLO					OPORTUNIDADES DE MEJORA
			○	□	▽	↻	D	
1 SELECCIÓN Y PESAJE DE CHATARRA	10	15		X				<ul style="list-style-type: none"> • No se encontró un procedimiento de selección de chatarra. • Desconocimiento de la importancia de eliminar la escoria e impurezas desde el inicio. • Lo frecuente es que se recibía chatarra con alto % de escoria: arena, plásticos, químicos. • Se identificó pocos proveedores de chatarra. • Deficiente control en evitar el ingreso de impurezas al horno.
2 PREPARACION DE CAYANA Y TOCHERAS	6	15		X				<ul style="list-style-type: none"> • El equipo encontrado para el calentamiento era deficiente, se alimenta 5 hornos con 1 soplete.
3 CALENTAMIENTO DE HORNO		20						<ul style="list-style-type: none"> • Se identificó deficiencias en el mantenimiento de los equipos de fundición. • No se encontró un procedimiento de calentamiento. • No se encontró un sistema de control de variables críticas del proceso.

									<ul style="list-style-type: none"> • La calidad del proceso se basaba en la experiencia del maestro hornero.
4	TRANSPORTE DE CHATARRA A HORNOS	8	5					X	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso de mezcla no estaba definida, primaba el criterio de cada hornero, cada horno tenía una manera diferente de llenado.
5	LLENADO DE HORNOS		10					X	<ul style="list-style-type: none"> • Se identifico riesgo de lesión y contaminación para el operario.
6	FUNDICION DE CHATARRA		300	X					<ul style="list-style-type: none"> • No se encontró un procedimiento. • No se encontró un sistema de mantenimiento preventivo. • No se encontró sistema de medición • Se evidenció la ausencia de capacitación al personal en temas técnicos y del proceso
7	ANALISIS DE PRUEBA	27	30		X				<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza 2 a 3 pruebas
8	MEDICION DE TEMPERATURA		5		X				<ul style="list-style-type: none"> • Equipos en mal estado , sin baterías
9	TIEMPO MUERTO		38					X	<ul style="list-style-type: none"> • Espera de groa puente
10	COLADA		7	X					<ul style="list-style-type: none"> • Demora por indisponibilidad de la grúa puente.
11	TRANSPORTE CAYANA	6	5					X	<ul style="list-style-type: none"> • Demora por falta de equipos y herramientas, solo existe un soplete
12	VACIADO COLADA	2	15	X					
13	ALMACENAJE DE TOCHOS	8	20			X			
TOTAL			485						

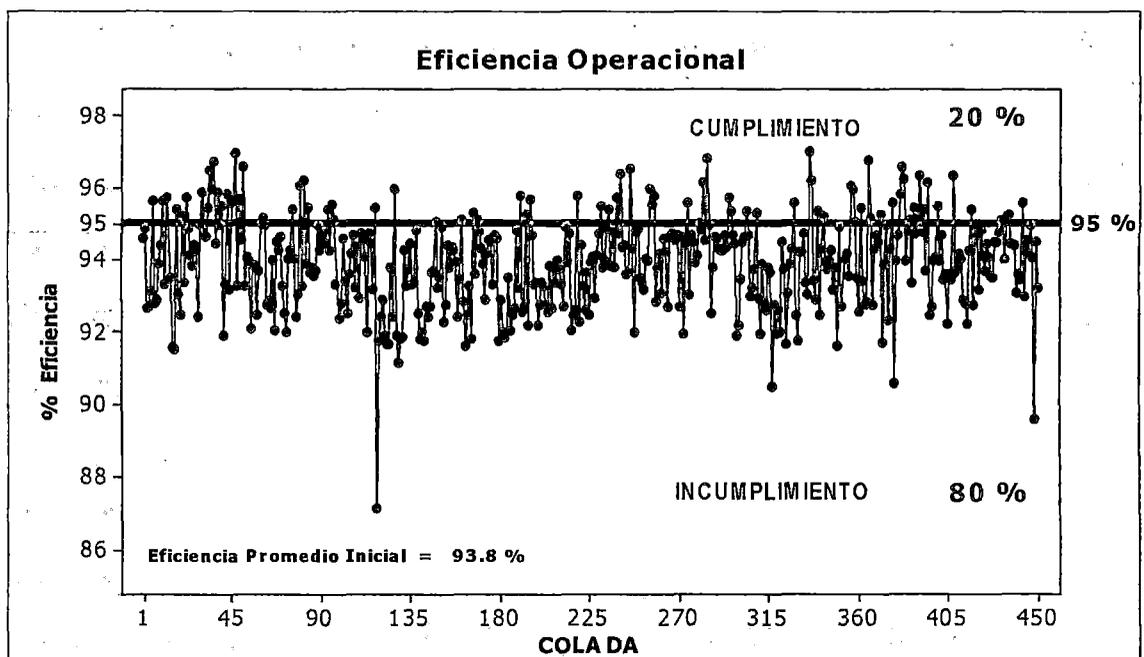
CAPITULO II

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

El problema identificado fue: "Alto porcentaje de incumplimientos en obtener una eficiencia del 95% por colada". En el periodo 2010 el incumplimiento represento el 80% del total de coladas, ocasionando pérdidas por \$ 440094,14 (dólares) anuales en sobre costos operativos. El promedio de eficiencia de todas las coladas en ese periodo fue 93.8 %, en el presente trabajo se propuso elevar la eficiencia promedio de las coladas en 1.1 %.

Gráfico 2.1. Descripción del problema.

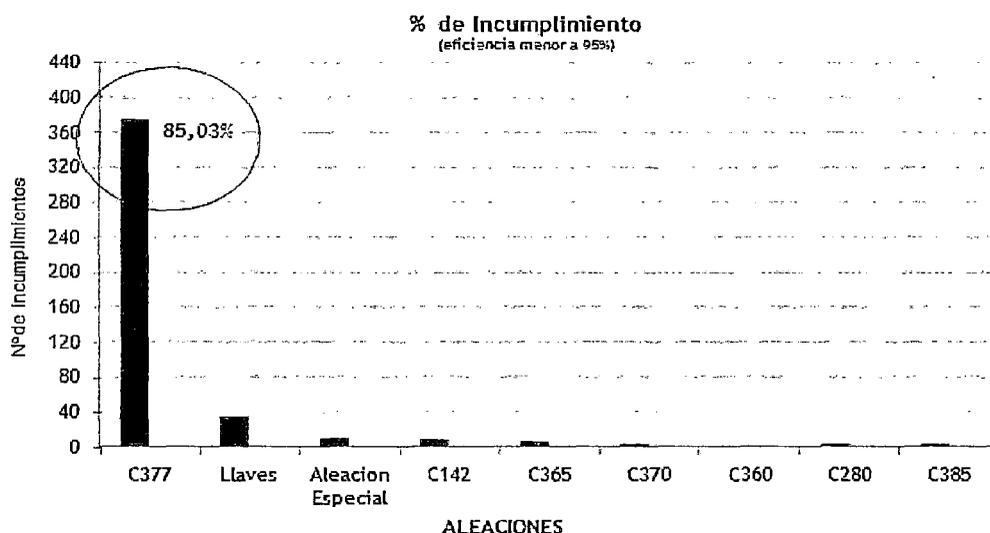


Fuente: Elaboración propia

2.1.1. ALCANCE.

El ámbito de análisis se enfocó en el proceso de fundición, específicamente la mejora en el consumo de chatarra para elaborar la aleación de cobre N° C 377, conclusión realizada luego de subdividir el problema y realizar los respectivos paretos, en la cual el pareto por aleación muestra a la C377 como la aleación que más aporta al problema con 85,03%, todo el análisis posterior se enfoco en este estrato, ya que reduciendo su impacto atacamos el 80% del problema trabajando solamente en el 11% de los estratos.

Gráfico 2.2. Descripción del problema.



Fuente: Elaboración propia

2.1.2. IMPACTO ECONOMICO PRELIMINAR.

Cuadro 2.1. Impacto económico

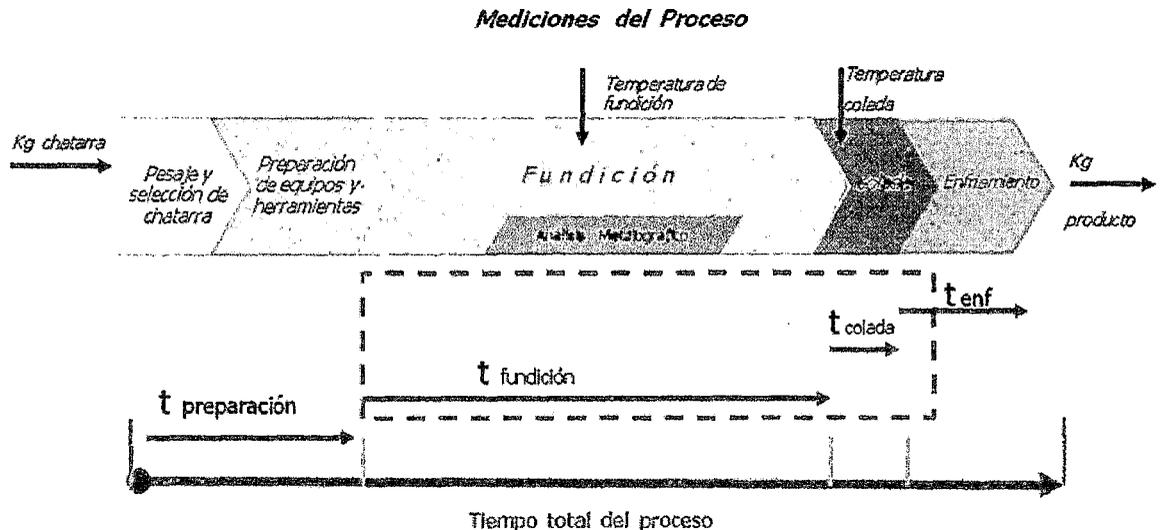
MERMA TOTAL	COSTO DE LA MERMA	S/	\$	COSTO DE OPORTUNIDAD	S/
0.069	ANUAL	1,254,268.29	440094,14	ANUAL	2,257,682.91
	MENSUAL	104,522.36	36674,51	MENSUAL	188,140.24

2.2. MEDICIÓN DEL PROCESO.

2.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES

Analizando el proceso de fundición, en todas sus etapas, se identificó muchas variables que influyen en el proceso, evidenciando la complejidad del proceso. Inicialmente muchas de ellas no formaban parte del control diario del proceso, a si que primero las identificamos y luego validamos la importancia de su medición, revisando la parte teórica y apoyándonos con el personal técnico de la empresa, definimos su importancia y su influencia o no en el proceso , para luego empezar a medirlos , se genero un formato de reporte de las posibles variables claves del proceso, datos con los cuales luego en la siguiente etapa de análisis identificar las variables críticas para el proceso.

Gráfico 2.3. Variables del proceso.



Fuente: Elaboración propia

Inicialmente se identifico las siguientes variables dependientes como independientes:

Variables independientes: Son las que no están condicionadas a nada, tienen su variación propia común al proceso, identificamos en el proceso las siguientes:

1. **Temperatura de Colada:** Es la temperatura en la cual culmina el proceso de fundición para pasar a la etapa de colado en los moldes, técnicamente debería realizarse a 965C° , pero al realizar el primer bloque de medición encontramos variación múltiple, medir la temperatura no formaba parte del control diario, no se generaba datos, cada maestro hornero en base a su experiencia sabía la temperatura a la cual terminaba el proceso de fundición generando variación.

2. **Temperatura de colada:** temperatura en la cual inicia el moldeo

3. **Tiempo de Fundición:** Tiempo desde inicio de fundición hasta el inicio de colada.

4. **Tiempo de Colada:** desde el fin de fundición hasta termino de colada.

5. **Tiempo de enfriamiento:** inicio de colado hasta término de moldeo.

6. **Tiempo muerto:** tiempo de demora a lo largo del proceso.

7. **Tipo de carga:** se refiere al tipo de chatarra utilizado para fundición.

Tipo A: chatarra de reproceso con alto contenido de cobre.

Tipo B: chatarra seleccionada a detalle.

Tipo C: Chatarra sin selección.

8. **Tipo de horno:** son 3 tipos de horno 1 2 y 3 cada uno con eficiencias diferentes.

Variable dependiente: Cuyo valor depende del comportamiento de otras variables, para nuestro caso definimos la eficiencia en el consumo de chatarra vs la cantidad de producto elaborado.

% de eficiencia: Es el % entre el peso de producto elaborado vs el peso de la chatarra consumida.

2.2.2. DEFINICIÓN DE INDICADORES DE DESEMPEÑO

Para medir las mejoras en el proceso de fundición se definió: un indicador principal % de eficiencia promedio, que es el que nos da cuenta si-logramos alcanzar la meta propuesta o no, y 5 indicadores relacionados los cuales permitirán monitorear si al aplicar la mejoras se podrían deteriorar algún aspecto colateral al proceso, los indicadores y sus formulas son los siguientes:

Indicador Principal

Indicador	formula
◦ % de Eficiencia Promedio	= $\Sigma(\text{eficiencia} \times \text{colada}) / (\text{Total de coladas})$

Indicadores Relacionados

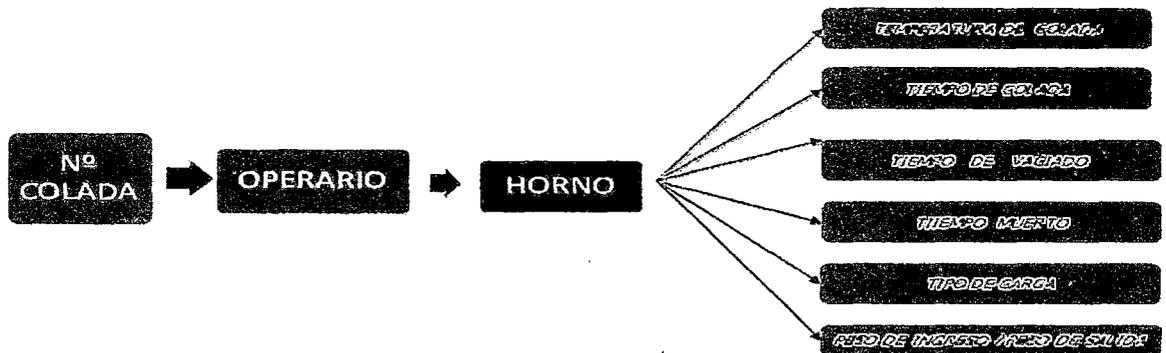
Indicador	formula
◦ Tiempo de análisis químico.	= Tiempo promedio entre 1° prueba e inicio de colada (minutos)
◦ % Merma x rechupe de tocho.	= Kg de rechupe x colada
◦ Indicador de productividad laboral	= Toneladas x trabajador
◦ Ingreso promedio x trabajador	= (sueldo después de las mejoras /sueldo antes de la mejora) %
◦ Nª de coladas / día	= cantidad de coladas x día

2.2.3. ESTRUCTURA DE TOMA DE DATOS

Lugo de definido los indicadores y ya teniendo claro que es lo que se mide , se diseñó la estructura más adecuada para la recolección de datos, con el objetivo de tener la trazabilidad necesaria para el análisis profundo y objetivo del problema, esto permitirá validar los datos para que todo el análisis posterior tenga la calidad requerida y refleje la realidad del proceso, para que al diseñar las mejoras estas tengan la eficacia esperada, sin errores en

los datos podremos medir el proceso sin distorsiones y el análisis se torna objetiva en base a datos reales. La trazabilidad nos permitirá identificar en que parte del proceso ocurren los defectos y tomar acción sin mayor demora.

Gráfico 2.4 Estructura de datos.



Fuente: Elaboración propia

2.2.4. TIPO DE DISTRIBUCION MUESTRAL.

Iniciado el proceso de medición, se encontró datos tomados durante el año 2010, datos de control de la producción, algunas de las cuales sirvieron para tener un punto de referencia contra el cual comparar las mejoras. Pero al revisar los datos encontramos errores que se tuvieron que retirar del análisis porque distorsionaban los resultados, es así que se hizo una charla referente a como a partir de iniciado el proceso de mejora se tomarían los datos, ¿Qué se mediría?, ¿cómo se mediría?, ¿con que se mediría? y ¿cómo se reportarían los datos? Los datos encontrados adolecían de trazabilidad, y su diseño no mostraba mayor análisis, por tanto tuvimos que aplicar al nuevo formato de medición el concepto de trazabilidad y calidad de datos.

Para realizar el análisis estadístico de los datos es importante identificar el tipo de distribución que presentan los datos, ya que con esto podremos identificar el comportamiento, la tendencia de los resultados y sobre todo el

cálculo de los parámetros que identifican a los datos y con las cuales realizaremos los cálculos necesarios los mismos que varían de un tipo de distribución a otra.

Cuadro2.2. Datos históricos periodo 2010.

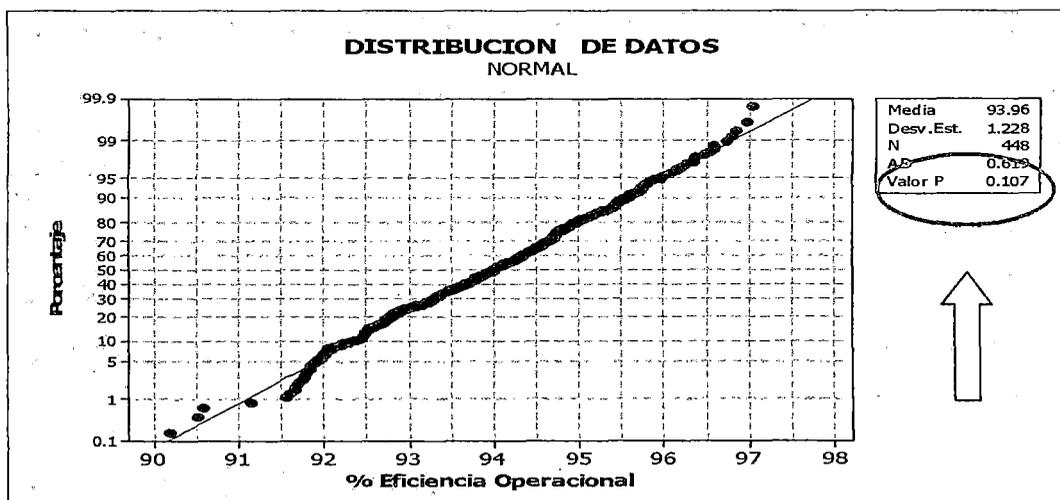
Mes	Día	N° de Fundición	Aleación	Horno	numCarga	medida1	peso_toch1	merma_tot	% Eficiencia
May	05	15531	377	1	1	4 1/2"	1140	65.0	94.6
May	05	15532	377	1	2	4 1/2"	1149	62.0	94.9
May	05	15533	377	1	3	4 1/2"	1137	89.5	92.7
May	05	15535	377	2	2	3 1/2"	1140	89.5	92.7
May	05	15536	377	2	3	3 1/2"	1090	80.0	93.2
May	05	15537	377	3	1	6"	1183	54.0	95.6
May	07	15540	377	1	1	3 1/2"	1110	86.0	92.8
May	07	15541	377	1	2	3 1/2"	1145	87.5	92.9

Fuente: Elaboración propia – hojas de control producción.

2.2.5. PRUEBA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL:

El primer análisis consistió en identificar qué tipo de distribución presentaban los datos, para lo cual se utilizó el software de cálculo estadístico MINITAB de libre uso en internet (paquete de prueba). Incorporando los datos al programa, este arroja los siguientes resultados:

Gráfico 2.5 Prueba de normalidad datos 2010.

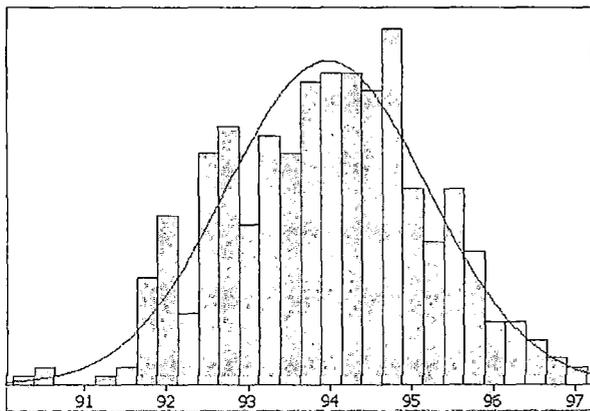


Fuente: Elaboración propia

Gráficamente los datos deben seguir el comportamiento de la línea diagonal y contar con el valor $p > 0.05$, revisando la grafica 3.16 vemos que los datos cumplen con estos dos requisitos, pudiendo afirmar que la distribución de los datos 2010 presentan el tipo de distribución Normal, esto permitirá usar el cálculo de los parámetros característicos de esta distribución, gracias a esto nos facilitara el análisis de los datos y el cálculo de las mejoras.

Gráfico 2.6. Distribución Normal datos 2010

% de eficiencia operacional



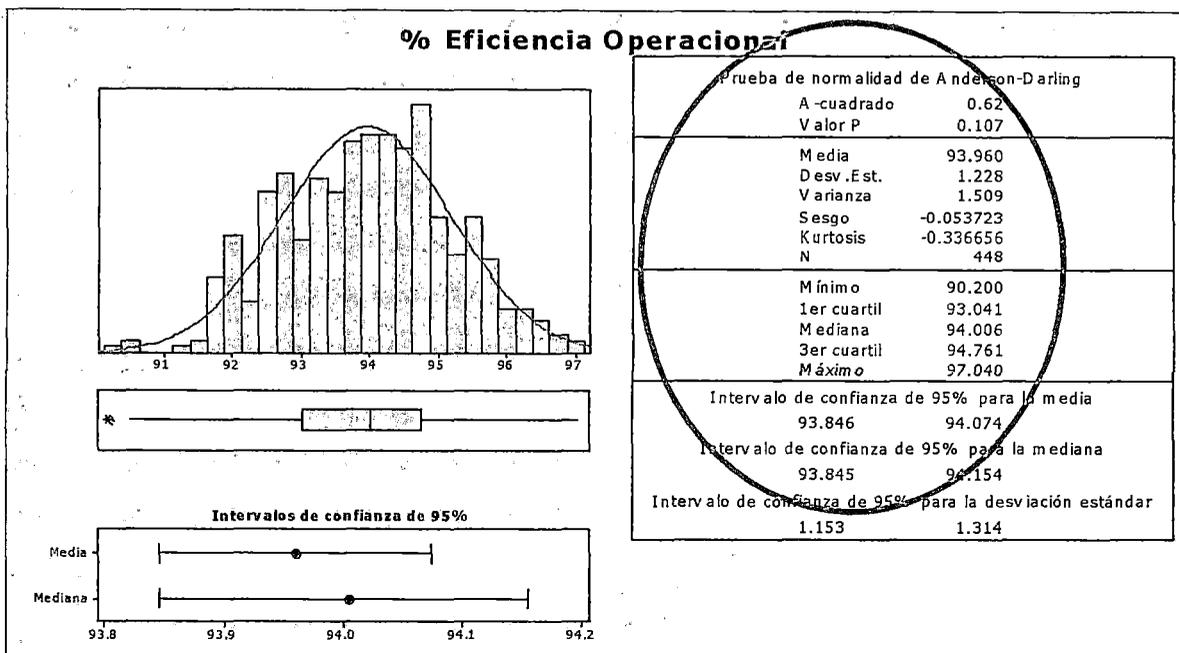
Valor P 0,107

Fuente: Elaboración propia

2.2.6. DESCRIPCION DE DATOS.

Para el proceso contamos con datos continuos y cuantitativos, típico de los datos de producción, estamos analizando la eficiencia operacional que es el dato de salida del proceso que en el 2010 su valor es 93.96 % esta será la referencia con la cual se medirá cualquier mejora en el proceso, los principales parámetros estadísticos se muestran a continuación:

Gráfico 2.7 Descripción de datos



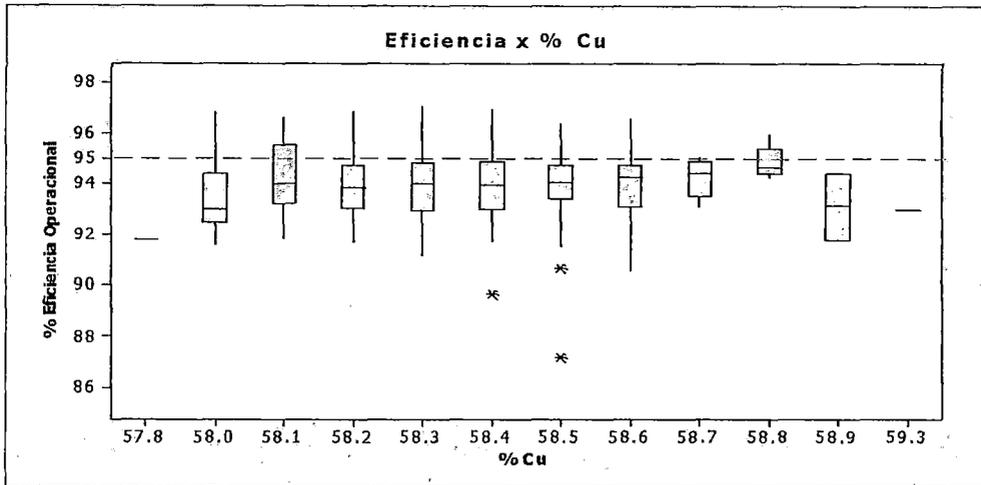
Fuente: Elaboración propia

2.2.7. CONDICIONES INICIALES – DATOS 2010.

El proceso de fundición antes de la implementación de la metodología, contaba con mediciones básicas del proceso para su control diario pero enfocado al cumplimiento de tareas asignadas y al requerimiento de controles de calidad, pero sin ninguna estructura de trazabilidad y sin un análisis orientado a la mejora de la eficiencia del proceso. Estos datos permitieron tener un conocimiento de las condiciones iniciales del proceso pero de forma parcial, debido a que estos datos no permiten medir el desempeño real del proceso, además que no garantizan la medición de las variables críticas que afectan el proceso, los gráficos siguientes muestran las condiciones iniciales del proceso.

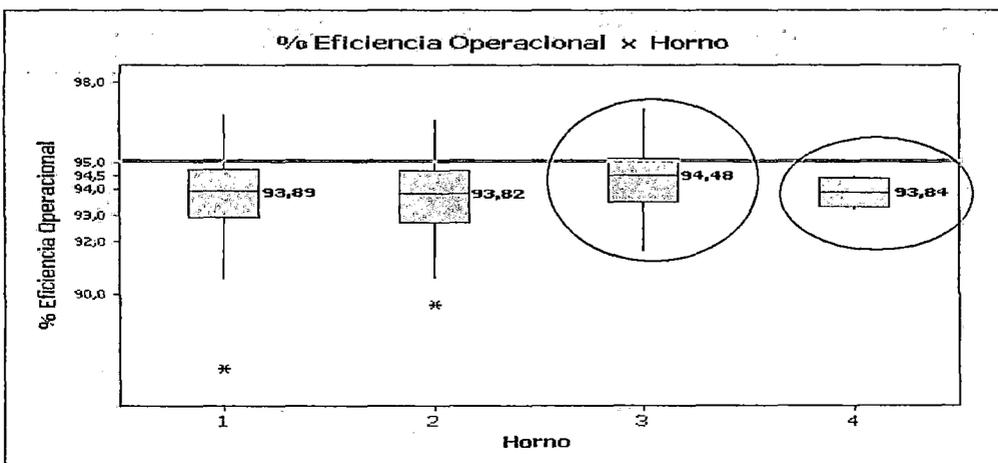
Gráficos 2.8. Condiciones Iniciales del proceso – Datos iniciales.

a) Relación de la eficiencia vs % Cu.



Análisis : Según los datos encontrados observamos que se cumple la norma ASTM 377, el % de Cu presente en la coladas esta dentro del rango especificado por la norma(%58-60%),mas el %58.8 mantiene el mejor rendimiento frente a al eficiencia, pero la tecnología actual del proceso no permite tener el control alrededor del %58.8.

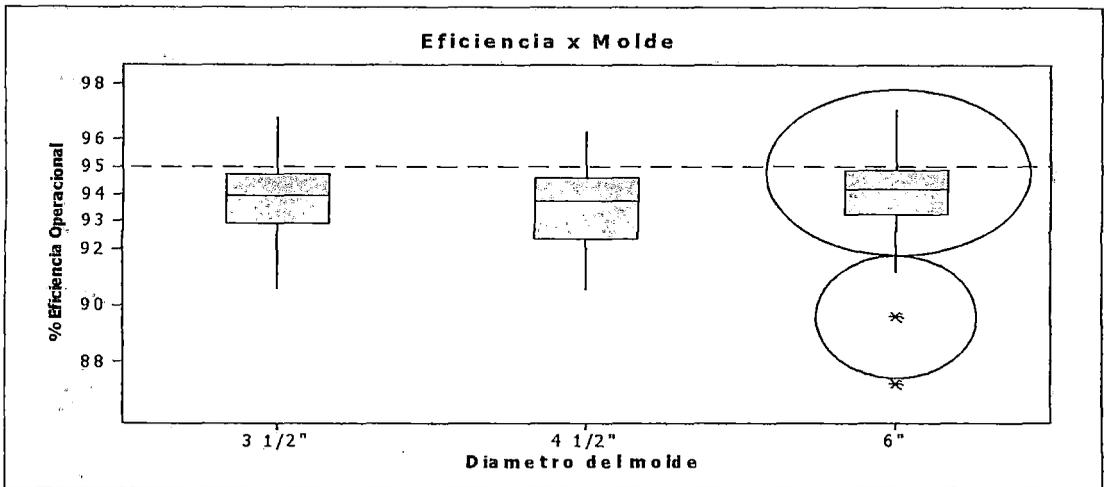
b) Relación eficiencia vs horno.



Análisis: Observamos que el horno N° 3 mantiene la mejor eficiencia en promedio, mas los datos más consistentes pertenecen al horno N°4, aquí se analizará varios aspectos, tales como primero validar la data, segundo

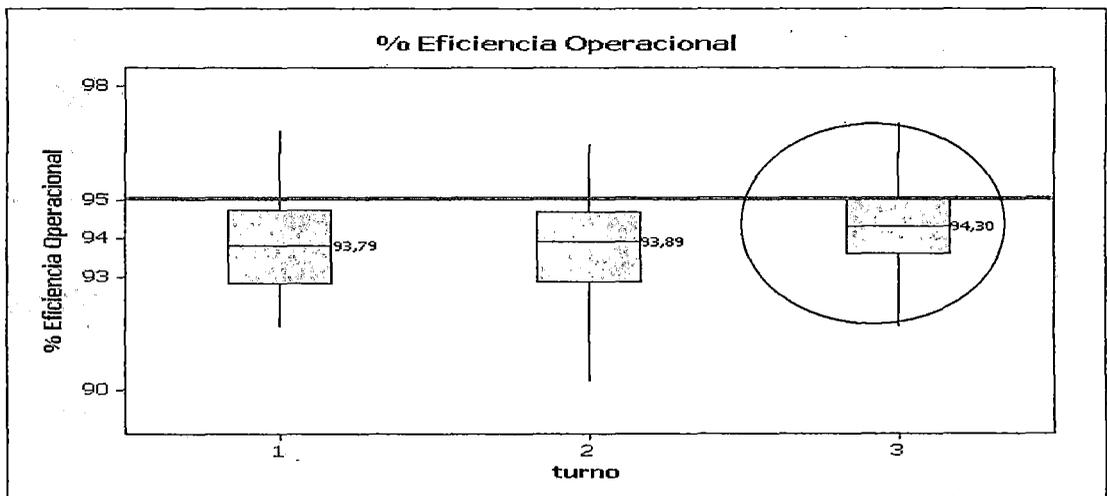
condiciones estándar de los hornos, y revisar el mantenimiento uniforme o no en todos los hornos.

c) Relación eficiencia vs molde.



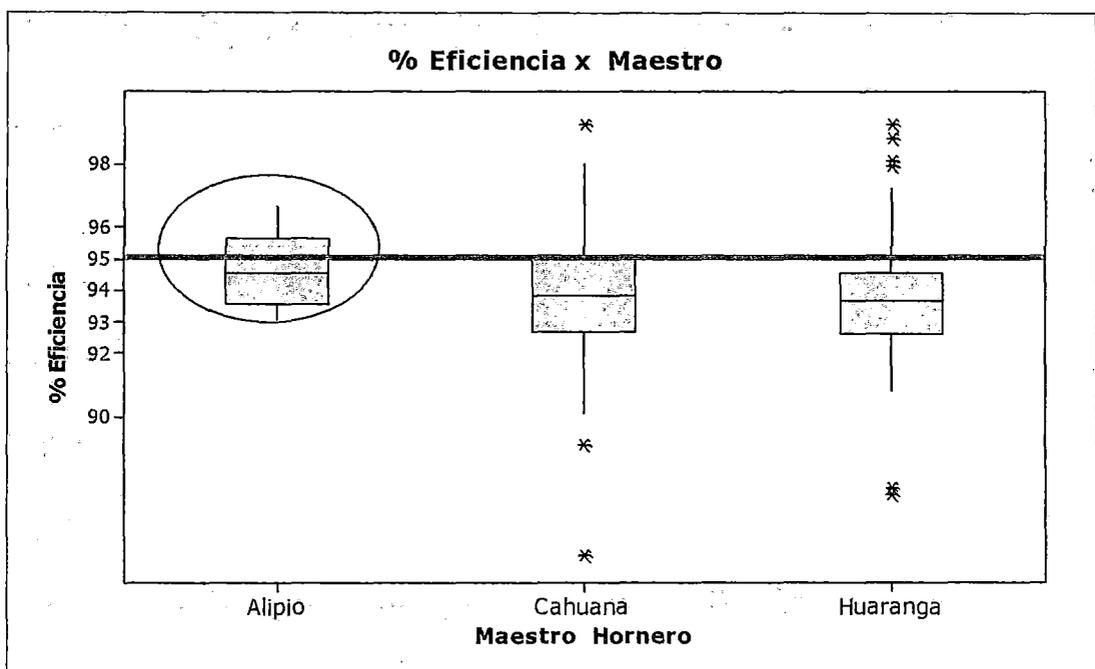
Análisis: Encontramos que existen en la etapa de vaciado de la colada, diferentes medidas (3 tipos) de los moldes de recepción, las cuales varían en la eficiencia, siendo la de 6" pulgadas de diámetro la que en promedio tiene mayor eficiencia, mas al igual que las otras medidas presenta mucha variación (inconsistencia) y valores atípicos, que posiblemente refleja errores en la medición.

d) Relación eficiencia vs turno.



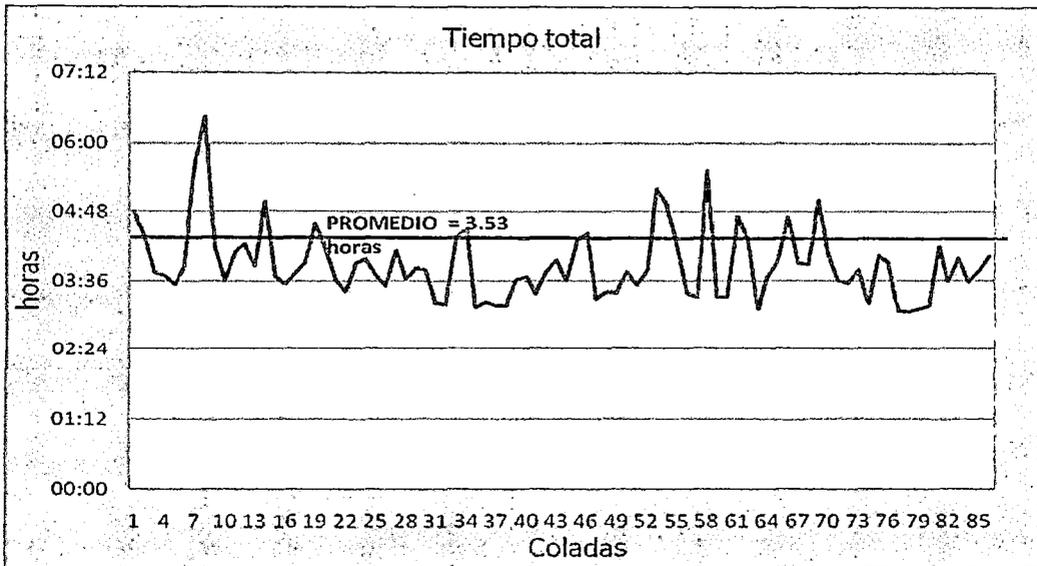
Análisis: El turno N° 3 presenta en promedio la mayor eficiencia, pero al igual de las otras los datos contienen variación evidente (inconsistencia), cabe resaltar que el tercer turno (nocturno), tiene la ventaja que la temperatura del ambiente de trabajo es menor a las 2 primeras, en los dos primeros turnos es evidente la temperatura del ambiente de trabajo merma el rendimiento.

e) Relación eficiencia vs maestro hornero.



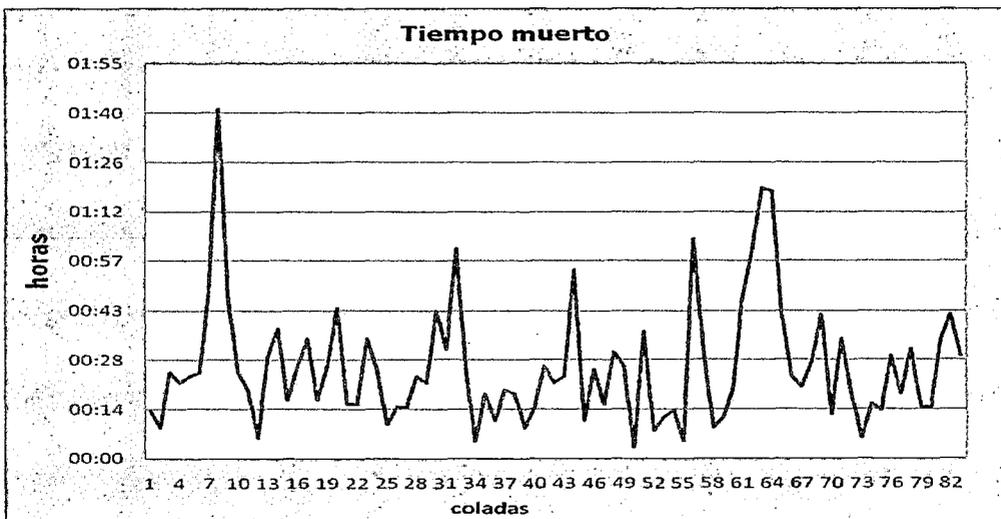
Análisis: Observamos que un maestro hornero es el que sobresale en eficiencia y también sus resultados son consistentes, esto refleja una diferencia en las competencias entre el personal, reflejando una oportunidad de mejora en la estandarización de los métodos de trabajo. Además objetivamente se demuestra que el personal puede obtener óptimos resultados en eficiencia.

f) Variación del tiempo total de fundición.



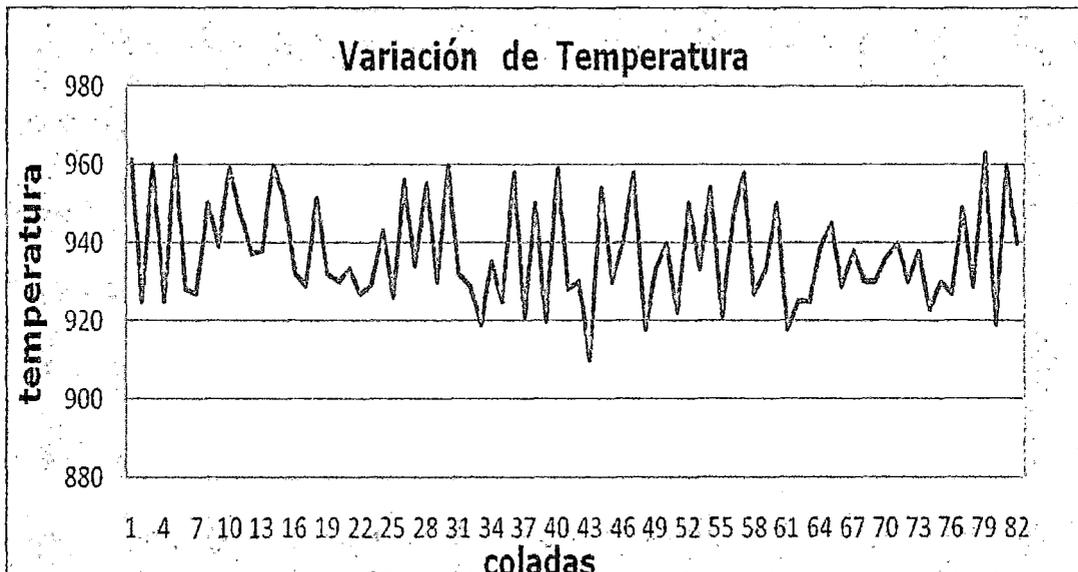
Análisis: el rango de variación encontrado va desde menores a 7 horas y mayores a las 2:30 horas, es evidente la presencia de causas especiales en el proceso, el objetivo será reducir la variación y encontrar el tiempo óptimo de operación, aquí confluyen muchos factores más, es importante monitorear este indicador e identificar cuál de ellos son los que influyen más en la variación.

g) Variación del tiempo ocioso.



Análisis: encontramos que existía tiempo inoperativo luego de haber concluido el proceso de fundición, estando a punto de realizar la colada, pero por varios factores no se producen y el proceso entra en un vacío, en el cual la temperatura de la colada se reduce y/o se incrementa el tiempo de cocción, factores que más adelante identificaremos como importantes, además del consumo de horas hombre inoperativas (llamado tiempo ocioso) desde la culminación de la colada hasta el inicio del vaciado (moldeado).

h) Variación de la temperatura de colada.



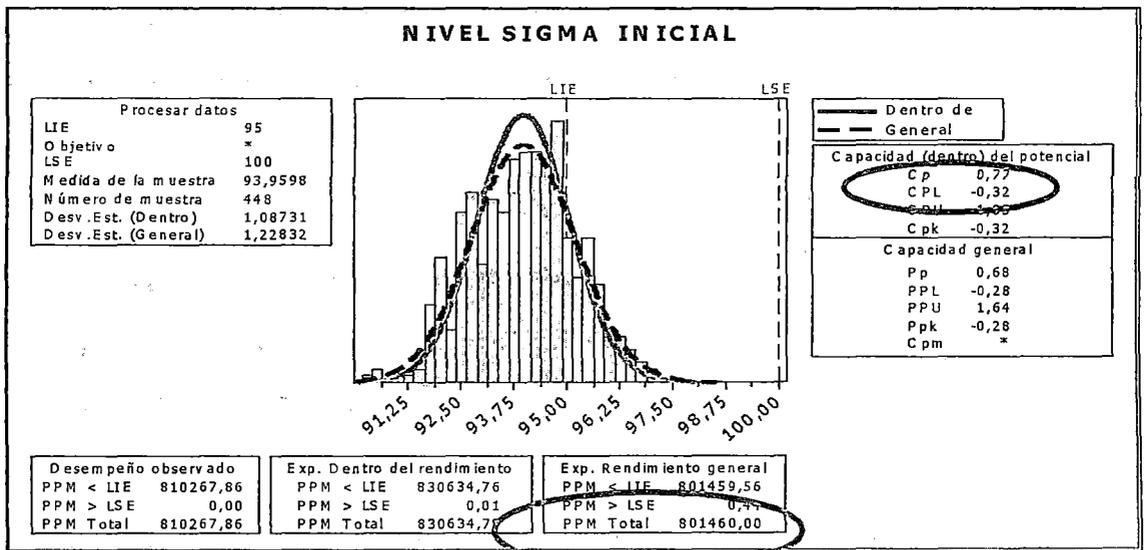
Análisis: se encontró fuerte variación de la temperatura entre 920 C y 960, se encontró que para el control solo se usa la expertis del maestro hornero, no utilizaban equipos de medición pirómetro pese a que contaban con ellas, la temperatura es con la cual finaliza el proceso de cocción de la colada y se encuentra lista para el colado en los moldes (tochos).

2.2.8. MEDICIÓN DEL NIVEL SIGMA INICIAL.

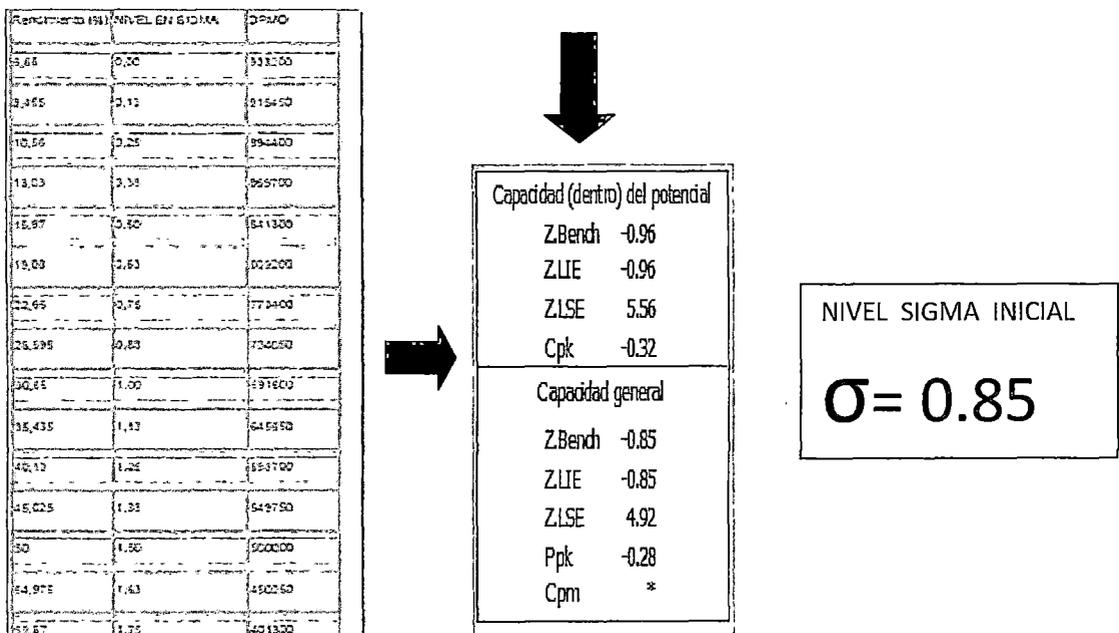
El nivel de competitividad empresarial en el aspecto de excelencia operacional se mide en el nivel sigma, un nivel sigma de $\sigma= 6$ indica una empresa de clase mundial, un nivel sigma de $\sigma= 4.5$ indica una empresa competitiva, mientras que un nivel sigma por debajo de $\sigma=3$ indica una empresa que adolece de muchos defectos a lo largo de todo su proceso En

nuestro caso para un $C_p = 0.77$ el nivel sigma es $\sigma = 0.85$, el trabajo consiste en llevar el C_p a niveles por encima del 1.33, y llevar el nivel sigma por encima del $\sigma = 4.5$ que es reflejo de una empresa competitiva.

Gráfico 2.9. Nivel Sigma inicial.



Fuente: Elaboración propia

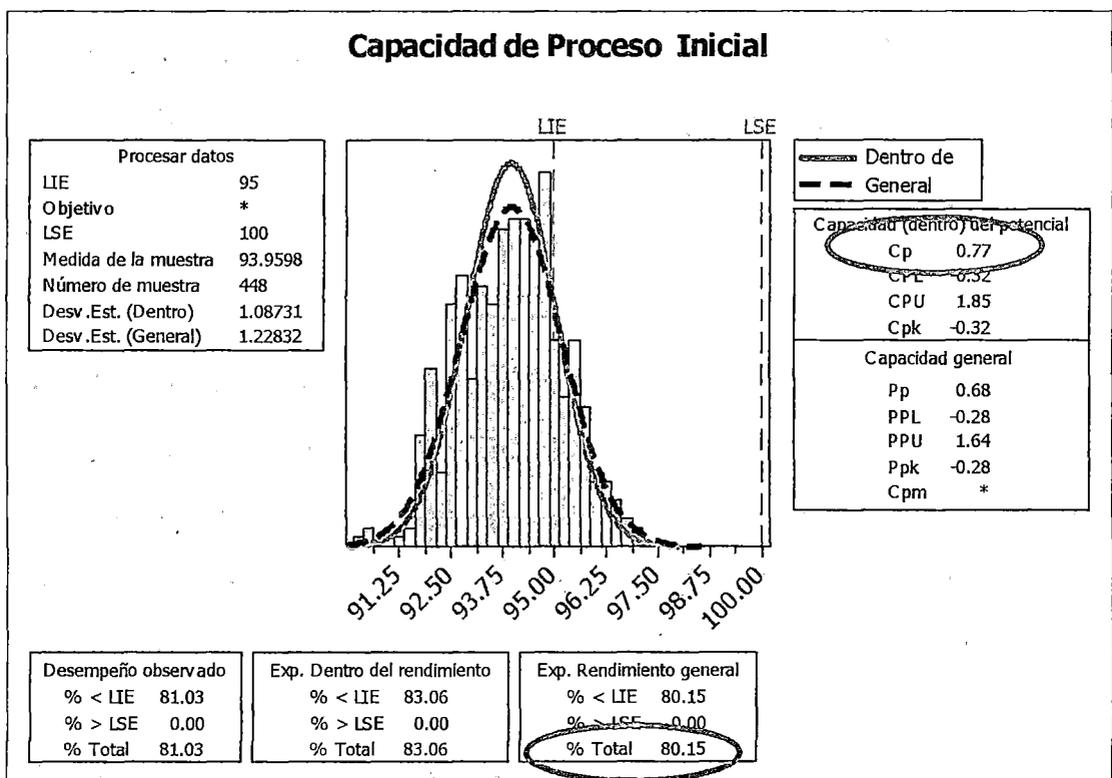


Fuente: Elaboración propia

2.2.9. MEDICIÓN DE CAPACIDAD DE PROCESO INICIAL.

La capacidad del proceso mide que tanto el proceso cumple con las especificaciones del cliente la capacidad que tienen con respecto a la amplitud del rango de requisitos impuestos por el cliente, para nuestro análisis los límites del cliente son : 100% y 95% , la capacidad mide cuantas veces la amplitud del proceso de fundición cabe dentro de este rango, se mide con el valor del Cp, un proceso capaz presenta un valor Cp por encima de 1.33 , nuestro caso presenta un $Cp = 0.77$ indicando un proceso no capaz, otro indicador importante es el Cpk que nos indica cuan centrado esta el proceso con respecto al punto medio de la amplitud de los requisitos, en nuestro caso, tenemos un $Cpk = -0.32$ negativo indicando un proceso descentrado ala izquierda. El 80.15% de los datos no cumplen con los requisitos del cliente.

Gráfico 2.10. Capacidad de Proceso inicial



Fuente: Elaboración propia

2.2.10. VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.

El actual sistema de medición se realiza con equipos electrónicos, cuya calibración está garantizada por el mantenimiento continuo que se les da a los equipos, en este caso no existe la posibilidad de errores en la medición por parte del personal y de los equipos

2.2.11. LÍNEA BASE :

Aquí presentamos el resumen de todos los indicadores principales del proceso medidos en su estado inicial antes de implementar las mejoras propuestas, toda mejora será comparada con esta línea base de mediciones.

INDICADOR	VALOR INICIAL
% de Eficiencia Promedio	93.9

INDICADOR	VALOR INICIAL
◆ Tiempo de análisis químico.	= 30 min.
◆ % Merma x rechupe de tocho.	= 2.96%
◆ Indicador de productividad laboral	= 0.9 Tn x trabajador
◆ Ingreso promedio x trabajador	= 100%
◆ N ^a de coladas / día	= 72 coladas x día
◆ Nivel Sigma	= 0.85

Fuente: Elaboración propia.

2.3. ANÁLISIS DEL PROCESO.

En la primera etapa, antes de ingresar al análisis estadístico de los datos, utilizamos la herramienta AMEF (Análisis de modos y efecto de fallas) para identificar las oportunidades de mejora a nivel de gestión, el objetivo del AMEF es registrar el estado inicial del proceso en el nivel de defectos que

se presenten en el proceso, las causas que la originan y la elaboración de planes de acción para su eliminación, el control se realiza a través del cálculo inicial del RPN , este valor deberá ir reduciéndose a medida que se generen acciones de mejora para eliminar y prevenir la aparición de estas mismas causas en el tiempo. A lo largo del análisis parecerán soluciones rápidas obvias para la cual utilizaremos el formato de Quick Wins , para ir registrando estas mejoras obvias que se identifiquen en esta etapa y no se espere a llegar a la etapa de mejora para recién implantar una solución rápida y factible.

En la segunda etapa identificamos que factores influyen en la variación de la eficiencia por colada, utilizando el árbol de factores, la cual nos da un panorama de que aspectos debemos medir y analizar focalizando el análisis.

En la tercera etapa utilizo el análisis estadístico de las varianzas ANOVA usando el software Minitab para el análisis estadístico de datos, mediante el análisis pudimos identificar si las diferencias en las variaciones de los diferentes factores son significativas estadísticamente o no , es decir influyen o no en el proceso, de ser significativas concluimos que ese factor influye en la eficiencia, los factores a analizar fueron : horno, tipo de carga, tiempo de fundición, temperatura de fundición, turno, tiempo muerto, medida de tocho, etc.

En la cuarta etapa utilizamos la herramienta de Correlación y Regresión, donde analizamos los factores en conjunto, donde se formula la ecuación de Regresión y a través de los valores del **R-cuad** y **R-cuad(ajust)** podemos identificar el % de explicación de la variable dependiente a través de los valores de la variable Independiente, donde una ecuación consistente esta por encima del 70%, y las variables críticas presentan un Valor P <0.05 dentro del análisis de varianzas ANOVA.

Posteriormente identificamos y analizamos las causas raíces que originan la no eficiencia del proceso, a través de talleres realizados conjuntamente

con el personal del área de fundición, personal profesional técnico y experimentado identificamos las causas raíces. El análisis profundo consistió en preguntar ante una causa presentada el ¿Por qué? de su ocurrencia, la frecuencia en la ocurrencia, el impacto de esa ocurrencia, agrupando todo el análisis en un valor de criticidad asignada a cada causa identificada, con el objetivo de priorizar las causas para su eliminación.

2.3.1. ANALISIS DE MODOS Y EFECTO DE FALLAS.

El AMEF inicial registra el estado inicial del proceso de fundición a nivel de defectos que se presentan a lo largo del proceso de fundición, defectos que se presentan etapa por etapa, las causas que la originan y la elaboración de planes de acción para su eliminación. El objetivo es diseñar planes para prevenir la ocurrencia de estas causas, ya que el impacto de las causas no podemos disminuirlas, los aspectos a evaluar son: la severidad, la detección y la prevención. El control se realiza a través del cálculo inicial del RPN cuyo valor es la multiplicación de los valores de severidad x detección x ocurrencia, para nuestro caso $RPN = 3160$, este valor inicial deberá ir reduciéndose a medida que se generen acciones de mejora para eliminar y prevenir la aparición de estas mismas causas en el tiempo.

Identificamos mayor cantidad de defectos en la selección e identificación de chatarra, cuya ocurrencia severidad y falta de controles en la selección, la convierte en una etapa con $RPN = 1000$ superando a las demás etapas, por tanto aquí nos focaliza el análisis como primer paso a la mejora de esta etapa.

A lo largo del análisis se identificaran causas con soluciones obvias y rápidas por ejecutar para la cual utilizaremos el formato de Quick Wins, para ir registrando estas mejoras, con el objetivo de no esperar concluir con la etapa de análisis y llegar a la etapa de implantación de mejoras para poder realizarlas, estas generan un responsable una fecha de culminación y de no realizarse en las fechas previstas una reprogramación, en nuestro caso el formato Quick Wins resume las mejora rápidas realizadas.

Cuadro 2.3. Formato Análisis de modos y efecto de fallas.

Id	Proceso	Función de la Tarea	Modo de Falla	Efecto de Fallas	SEVERI	Causas de Falla	OCURRI	Controles Actuales	DETECC	RPN	Acciones Recomendadas
1	Selección de chatarra	seleccionar chatarra con alto% de cobre, eliminar impurezas	Chatarra con alto % de impurezas	Baja eficiencia del proceso, impurezas en la aleación	10	El actual procedimiento de selección no detecta las impurezas.	10	Control visual del personal	10	1000	Implementar procedimiento
2	Provisión de chatarra	Provisonar peso y metal adecuado según requerimiento de colada	Desviación del % de metal, reprocesos de provisión de chatarra.	Colada fuera de especificación, reproceso, mayor tiempo de fundición.	7	Falta de método para calculo del % de metal en la chatarra	8	Control visual del personal	10	560	Implementer Procedimiento de control
3	Fundición	Transformación de la chatarra en aleación de cobre	La temperatura sobre pasa los limites requeridos, mayor tiempo de cocción, el personal tiene diferente método de trabajo, presencia de impurezas que ocasiona reacciones no deseadas.	% merma por fundición, productos defectuosos en el siguiente proceso, reprocesos, mayores costos de producción.	8	falta de control de temperatura y tiempo de cocción, falta procedimiento estándar, conocimiento técnico del proceso, inadecuado mantenimiento de los hornos y equipos.	10	Experiencia del personal y uso no frecuente de Pirómetro	10	800	Implementar procedimientos de control, verificar su Cumplimiento, capacitar en uso de Pirómetro, Establecer márgenes de tolerancia de variación en temperatura y en tiempo
4	Vaciado de la colada	Obtener barras de aleación en forma cilíndricas	Tiempo de espera de vaciado, Incremento de temperatura para que no se enfríe la mezcla en el vaciado, mayor tiempo de cocción.	% merma de aleación por enfriamiento. % de merma por oxidación de mezcla.	8	Poca disponibilidad de grúa puente, inadecuado mantenimiento de los tochos y cayana, diseño del tocho origina mayor tiempo de vaciado y mayor tiempo de cocción.	10	ninguno	10	800	Establecer horarios de uso exclusivo de la grúa puente para el vaciado, evaluar el diseño de tochos, mejorar mantenimiento de tochos, establecer procedimientos de control y responsables.
								RPN TOTAL		3160	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2.4. Formato QUICK WINS.

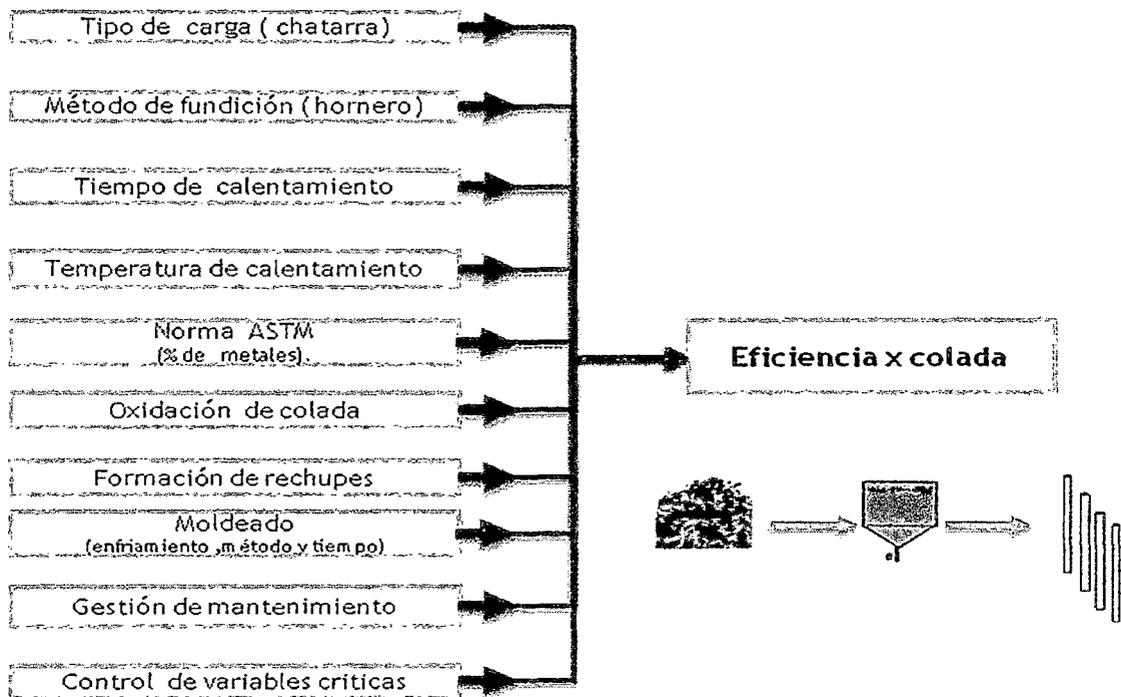
QUICK WINS	RESP.	FECHA	ESTADO (COLOR)	LOGRO ALCANZADO
Obtención de data del sistema e proceso de fundición.	Wilder	08/02/10		Análisis estadístico de la data nos permitió identificar cual era la aleación a mejorar, identificando % eficiencia.
Reunión con trabajadores para determinar causa efecto por el bajo porcentaje de eficiencia en aleación C377.	Wilder	11/03/10		Identificación de causas que generan alto porcentaje de merma en aleación C377
Uso continuo de termocupla para control de temperatura, en el proceso de fundición.	Edwin	12/03/10		Tener bajo control en temperatura el proceso de fundición.
Generación de registros para reporte de horno de fundición.	Wilder	29/03/10		Obtener data fidedigna a través de los registros de producción – fundición.
Clasificación de data obtenida vía sistemas del proceso de fundición.	Wilder	05/07/10		Obtención de data para obtener el Indicador Principal e indicadores relacionados.
Generación de turno continuo 24 hrs. en el proceso de fundición.	Martin / Allan	02/08/10		Reducir el alto porcentaje de rechazo en defecto de rechupe, minimizar el tema de oxidación del material fundido.
Seleccionar chatarra antes de alimentación al horno	Gissela	09/08/10		Se espera alimentar chatarra seleccionada que nos permitirá obtener mejor eficiencia en la recuperación del producto obtenido Vs, material alimentado.
Reorganizar horario del uso de grúa puente, priorizar el uso para planta	Gissela	09/08/10		Optimizar uso de la grúa puente

Fuente: Elaboración propia.

2.3.2. FACTORES

Dentro del análisis se recurrió a la parte técnica y a los conocedores del proceso: personal profesional, técnico y personal con amplia experiencia en el proceso de fundición, respaldando el análisis con pruebas realizadas dentro del laboratorio de análisis químico. Producto del análisis agrupamos los factores que influyen en la eficiencia por colada, resumidas en el gráfico siguiente:

Gráfico 2.11. Factores.



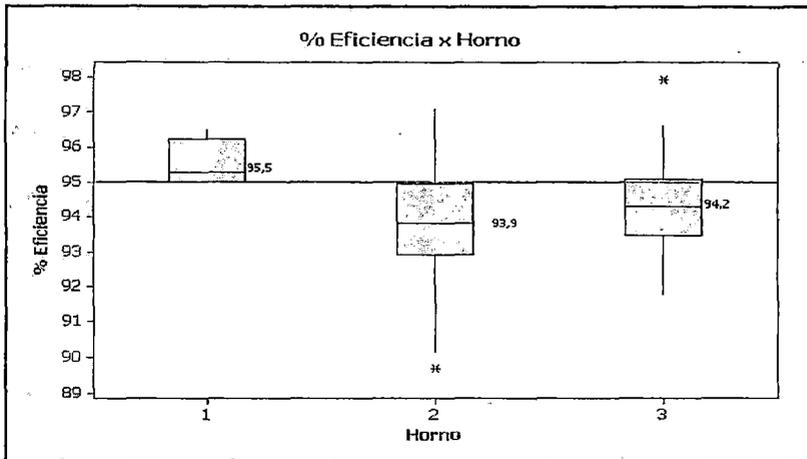
Fuente: Elaboración propia

2.3.3. ANÁLISIS DE VARIACIÓN ANOVA.

El análisis se enfoca en la variación significativa estadísticamente que favorezca la eficiencia, identificar que factor contribuye a mejorar la eficiencia analizando su variabilidad con respecto a su efecto en la eficiencia. Cada factor es monitoreado medido y analizado estadísticamente en relación a la eficiencia a través del análisis ANOVA, resultando el siguiente análisis;

a). FACTOR HORNO.

Gráfico 2.12. Variación por horno.

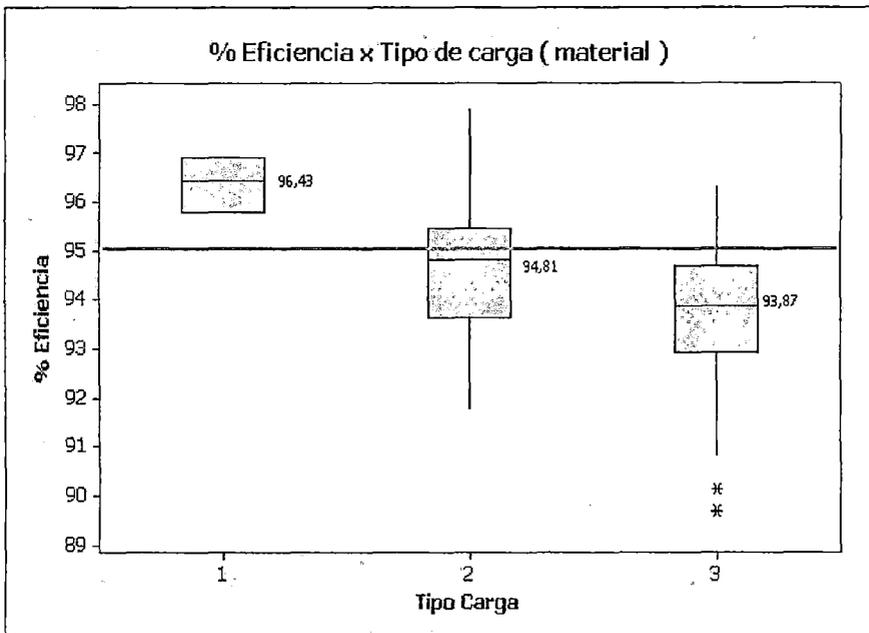


El horno N° 1, presenta promedio de eficiencia 95,5, estadísticamente la variación por horno es significativa, por tanto es un factor que influye en la eficiencia.

Fuente: Elaboración propia

b). FACTOR TIPO DE CARGA

Gráfico 2.13. Variación por Tipo de Carga.



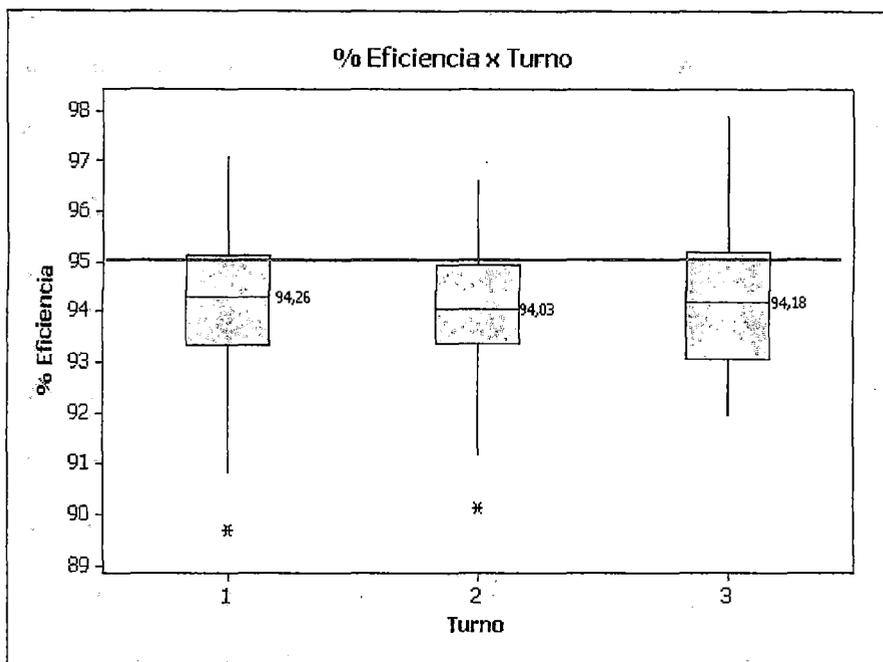
El tipo de carga 1, presenta promedio de eficiencia 96,43, estadísticamente la variación por Tipo de carga es significativa, por tanto es un factor que influye en la eficiencia

Estadísticamente es un factor que influye en la eficiencia

Fuente: Elaboración propia.

c). FACTOR TIPO DE TURNO

Gráfico 2.14. Variación por Turno.



La variación por turno estadísticamente no es significativa, por tanto no es un factor que influya en la eficiencia.

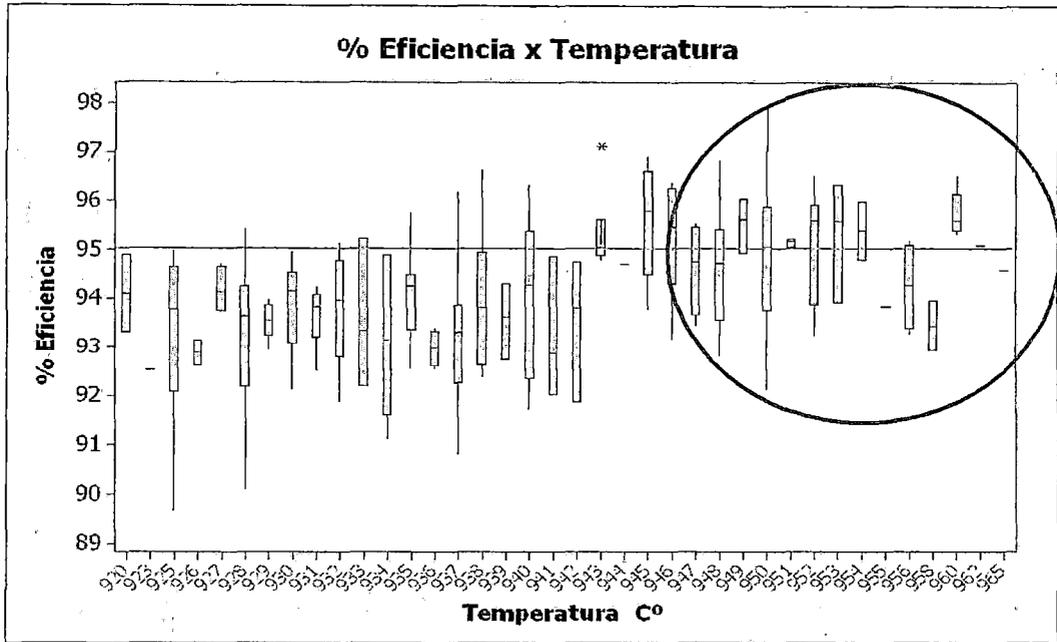
Fuente: Elaboración propia

d). FACTOR TEMPERATURA

La variación por temperatura a partir de 942C° es estadísticamente significativa, por tanto es un factor que influye en la eficiencia, los datos recopilados fueron tomados aleatoriamente y con ayuda de equipo de medición de temperatura Pirómetro, la mayor cantidad de veces lo que indicaba el equipo no coincidía con lo indicado por el maestro hornero que reporta la temperatura guiado por su experiencia, esta diferencia aportaba más variación, como primera medida rápida Quick Wins fue la medición obligatoria de la

Temperatura con el pirómetro por todos los maestros horneros y como medida estándar por colada 960C°.

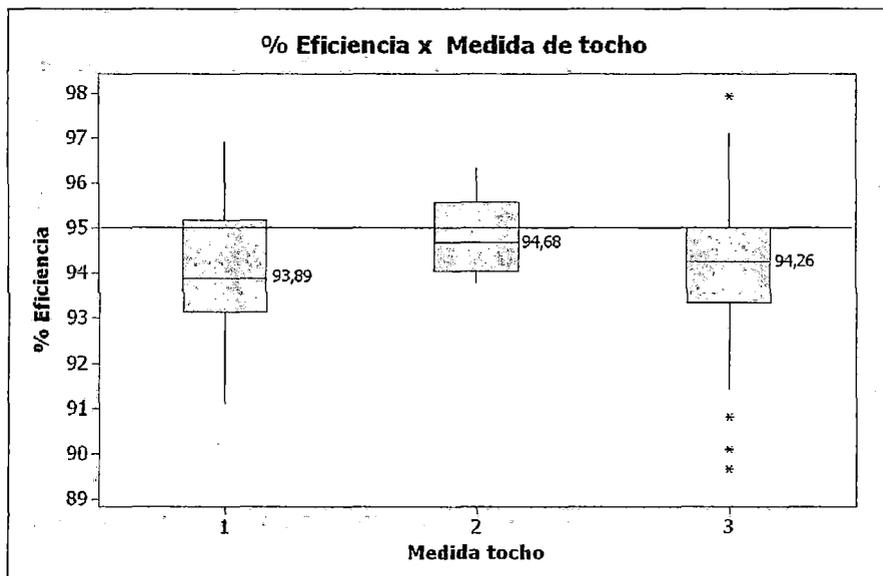
Gráfico 2.15. Variación por Temperatura.



Fuente: Elaboración propia

e). FACTOR MEDIDA DE TOCHOS.

Gráfico 2.16. Variación por Medida de tochos.

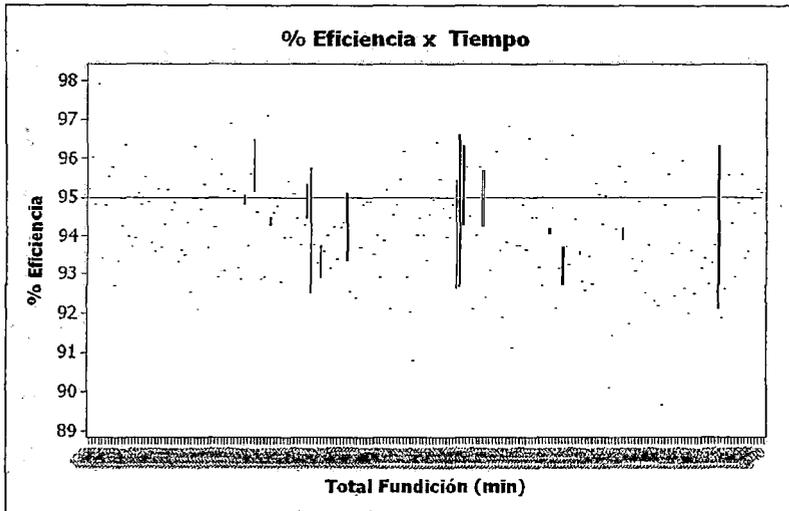


La variación por medida de tochos estadísticamente no es significativa, por tanto no es un factor que influye en la eficiencia.

Fuente: Elaboración propia

f). FACTOR TIEMPO TOTAL.

Gráfico 2.17. Variación por Tiempo total.

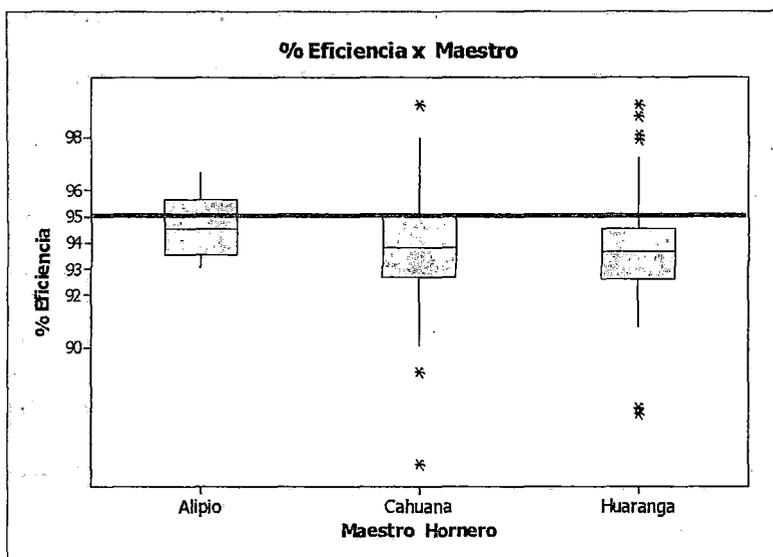


La variación por tiempo total de fundición estadísticamente no es significativa, por tanto no es un factor que influya en la eficiencia.

Fuente: Elaboración propia.

g). FACTOR MAESTRO HORNERO.

Gráfico 2.18. Variación por maestro hornero.



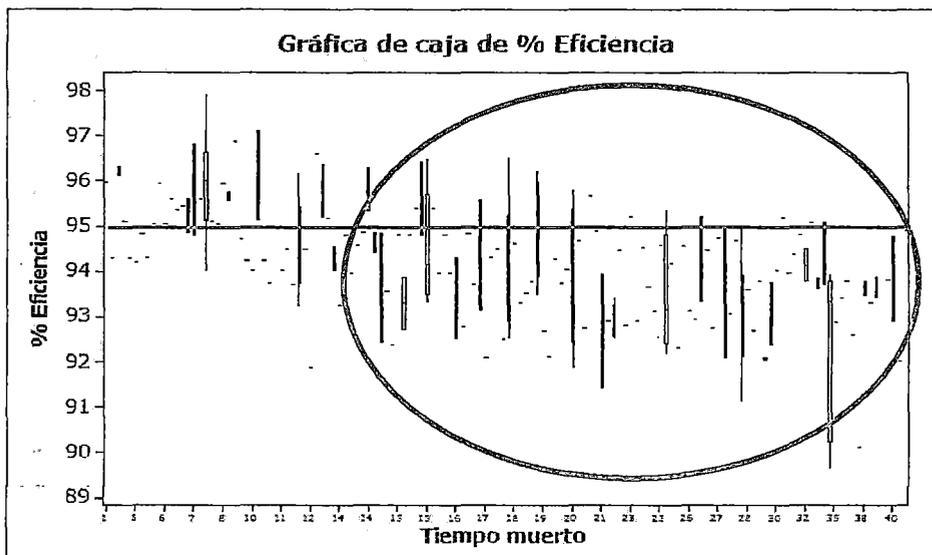
La variación por maestro hornero estadísticamente es significativa, por tanto es un factor que influye en la eficiencia, el maestro Alipio presenta mayor rendimiento.

Fuente: Elaboración propia

h). FACTOR TIEMPO OCIOSO.

Existe la tendencia que por debajo de los 15 minutos se ubican los mejores rendimientos, el análisis de varianza estadísticamente indica que existe una variación significativa concluyendo que es un factor que influye en la eficiencia. Tiempo muerto significa las demoras que ocurren luego que se aprobó la colada se encuentra a punto de iniciar el vaciado, lo cual no ocurre por diversas causas ocasionando el enfriamiento de la colada, otras por oxidación y otras por sobrecalentamiento de la colada.

Gráfico 2.19. Variación por Tiempo ocioso.



Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. ANÁLISIS DE VARIABLES CRÍTICAS DEL PROCESO.

Dentro del proceso de fundición existen variables de entrada (Independientes) y salida (Dependientes), las cuales tienen el control del proceso y su variación afecta la eficiencia, dentro de estas variables están las cuantitativas y las cualitativas, pero dentro de estas también existen algunas que con la capacidad tecnológica actual eran imposibles de medir, tales como: el tamaño de los gránulos de la mezcla, % exacto de metales, etc. Por tanto dentro

de las condiciones pudimos identificar las variables más importantes medirlas agruparlas y diseñar la trazabilidad para su análisis estadístico (grafico 3.30).

Lo importante del análisis fue el romper el paradigma del control tradicional de la calidad de los procesos, los cuales se enfocan en las variables de salida, las cuales ya no pueden ser modificadas, el enfoque realizado para nuestro análisis fue tomar control sobre la variación de las variables de entrada, cuyo control es factible, evitando que un error en una etapa previa se convierta en un defecto en el producto en la etapa final.

Variables Independientes (entrada) :

Día	Mes
Horno	Tipo Carga
N° Colada	Turno
Tiempo Total Fundición (min)	Tiempo total análisis
Tiempo total moldeado (min)	Tiempo ocioso.
Temperatura C°	Medida de tocho
Responsables (maestro hornero).	

Variables Dependientes (salidas):

- Escoria (Kg)
- Rechupe (kg)
- % Eficiencia

Gráfico 2.20. Variables críticas del proceso.

X VARIABLES DE ENTRADAS Y VARIABLES DE SALIDAS

REGISTRO DE FUNDICION															
Fecha	Mes	Horno	Tipo Carga	N° Colada	Turno	Tiempo Total Fundición (min)	Tiempo total análisis químico (min)	Tiempo total moldado (min)	Tiempo muerto : desde aprobación hasta inicio de colada (min)	Temperatura C°	medida tocho	Responsab.	Escoria (Kg)	recupera (Kg)	% Eficiencia
21	Abr	1	2	17838	2	217	9	22	18	952	1	Canuana	21	19	95,58
11	Abr	3	1	17808	1	204	7	18	15	950	1	Alcib	14	32	96,43
13	Abr	2	2	17815	1	245	6	12	3	953	3	Alcib	22	22	95,14
19	Abr	2	2	17841	1	175	10	12	3	948	3	Alcib	21	24	95,93
19	Abr	2	2	17840	1	255	10	10	5	952	1	Alcib	29	19	95,95
5	Abr	2	3	17789	1	205	7	10	23	945	3	Canuana	52	31,5	95,30
3	Abr	3	1	17735	2	233	10	23	9	950	1	Canuana	16	25	95,79
14	Abr	2	3	17822	1	282	10	18	8	952	1	Canuana	17	39	95,51
13	Abr	3	2	17819	1	273	6	15	9	953	1	Canuana	27	35	95,59
17	Abr	2	2	17828	2	217	5	11	6	945	3	Canuana	24	35	95,47

Fuente: Elaboración propia

2.3.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES CLAVES DE ENTRADA.

Identificada las variables críticas se realiza el análisis estadístico para identificar cuál de ellas influye más que las otras en la eficiencia del proceso, para ello utilizamos la herramienta estadísticas de Regresión que agrupa a todas las variables y prioriza las que en mayor grado explica el resultado de la ecuación de regresión, para nuestro análisis el resultado es la eficiencia, estadísticamente podemos identificarla a través del valor P, las variables críticas claves tendrán un valor $P < 0.05$, mientras que la ecuación que explica el comportamiento de la eficiencia tendrá un nivel de aceptación mientras que el $R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) > 70\%$, además que la diferencia entre el $R\text{-cuad.}$ y el $R\text{-cuad.}(\text{ajustado})$ debe ser menor a 5%, bajo estas condiciones teóricas garantizamos la calidad del análisis estadístico. El análisis de regresión inicial muestra un $R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 51,6\%$, como

etapa inicial de diagnóstico el resultado es aceptable, el cual irá mejorando a medida que la toma de datos mejore, resaltando que los datos aportan un % de error en la toma de datos:

Gráfico 2.21. Análisis de Regresión.

Análisis de regresión: % Eficiencia vs. Horno, Tipo Carga.

La ecuación de regresión es % Eficiencia = 48,1 + 0,102 Horno - 0,535 Tipo Carga + 0,0146 TURNO - 0,00090 Total Fundición (min) - 0,0316 Total Moldeado (min) + 0,0513 temperatura C° + 0,180 medida tocho + 0,0146 Tiempo aproba/inicio - 0,0611 Tiempo muerto.

Predictor	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	48,064	7,263	6,62	0,000
Horno	0,1017	0,1205	0,84	0,400
<u>Tipo Carga</u>	<u>-0,5348</u>	<u>0,1183</u>	<u>-4,52</u>	<u>0,000</u>
TURNO	0,01465	0,07760	0,19	0,850
Total Fundición (min)	-0,000903	0,001048	-0,86	0,390
Total Moldeado (min)	-0,03161	0,01712	-1,85	0,066
<u>temperatura C°</u>	<u>0,051302</u>	<u>0,007531</u>	<u>6,81</u>	<u>0,000</u>
medida tocho	0,17951	0,09766	1,84	0,067
Tiempo desde aprobación hasta e	0,014583	0,005984	2,44	0,016
<u>Tiempo muerto : desde aprobación</u>	<u>-0,061095</u>	<u>0,007869</u>	<u>-7,76</u>	<u>0,000</u>

S = 0,919110 R-cuad. = 53,6% R-cuad.(ajustado) = 51,6%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	9	206,512	22,946	27,16	0,000
Error residual	212	179,090	0,845		
Total	221	385,602			

Fuente: Elaboración propia

Variables Críticas Identificadas:

Tipo Carga: Es el tipo de material (A,B,C) que ingresa al horno

Temperatura C° : Temperatura de colada

Tiempo ocioso: Tiempo de espera en iniciar el vaciado.

2.3.6. IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS RAÍCES.

El conocimiento de la problemática del proceso por parte del personal técnico profesional y experimentado se canalizo realizando talleres de análisis de causas raíces, en el cual profundizamos el análisis, para ello se utilizó el árbol de factores y el proceso teórico de fundición, el objetivo en esta etapa es :

- Identificar y verificar las CAUSAS RAÍCES del problema.
- Conocer a fondo el sistema.
- Identificar causas de SOLUCIÓN FACTIBLE.

Se logró identificar las siguientes causas:

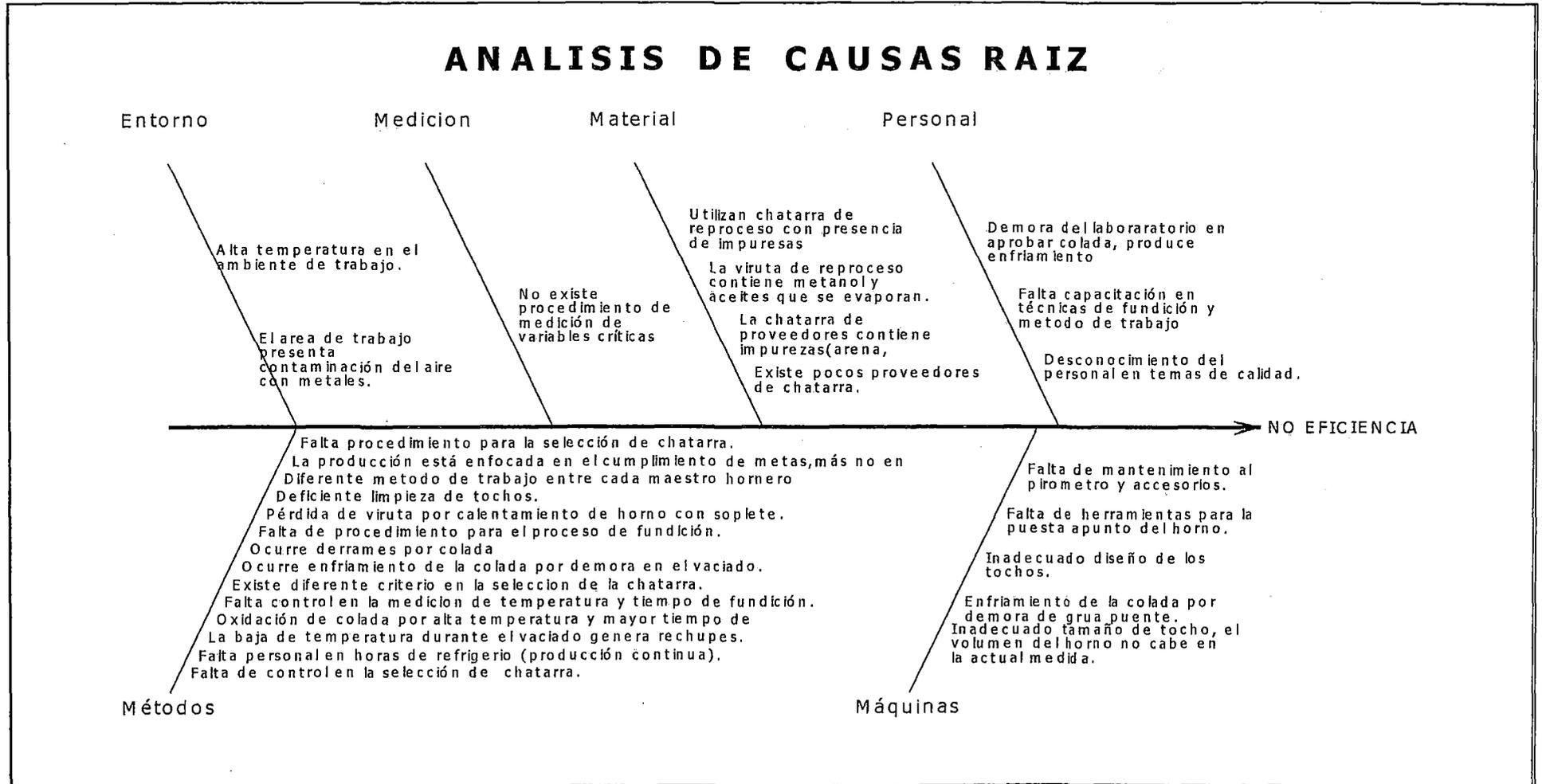
LISTADO DE CAUSAS RAICES IDENTIFICADAS.

- Falta de control en la selección de chatarra.
- Se utiliza chatarra de reproceso con alta presencia de impurezas: grasas, tierra, plástico, fibra de vidrio, esmaltes.
- La viruta contiene metanol y aceites que evaporan
- La chatarra de proveedores contiene impurezas(tierra, clavos, metales, etc)
- Falta personal a horas de refrigerio,(producción continua)
- La baja de temperatura en el vaciado genera rechupes.
- Demora del laboratorio en aprobar la colada produce enfriamiento

- Oxidación de material por alta temperatura y mayor tiempo de calentamiento
- Inadecuado tamaño de tochos, todo el volumen del horno no cabe en la actual medida.
- Falta control de temperatura y tiempo de fusión
- Existe diferente criterio en la selección de la chatarra
- Ocurre enfriamiento de la colada por demora en el vaciado
- Enfriamiento de la colada por demora de grúa puente.
- Ocurre derrames por colada
- Inadecuado diseño de los tochos
- Falta de procedimiento para proceso de fundición.
- Falta de herramientas para la operación del horno.
- Falta de mantenimiento al pirómetro
- Perdida de viruta por calentamiento de horno con soplete
- Mayor frecuencia en la limpieza de tochos
- Falta capacitación en técnicas de fundición y métodos de trabajo
- Desconocimiento del personal en temas de calidad
- Diferente método de trabajo entre cada maestro hornero
- La producción está enfocada en metas, mas no en calidad
- Falta procedimiento para la selección de chatarra.
- No existe procedimiento de medición de variables críticas
- Alta temperatura en el ambiente de trabajo
- El área de trabajo, existe contaminación del aire con metales
- Pocos proveedores de chatarra

Las cuales al agruparlas en las 6 M resulta el siguiente grafico:

Grafico 2.22. Identificación de Causas raíces.



2.3.7. IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS FACTIBLES DE SOLUCION Y EVALUACION DE PRIORIDADES (CRITICIDAD).

De la lista de causas identificadas se evaluó cuáles de las causas son posibles de ser resueltas en base a los recursos existentes y a otros tales como: prioridades de la compañía, cambios tecnológicos, capacidad actual del proceso. Las causas a atacar serán las que fueron consideradas factibles de solucionar en el Paso anterior, para evaluar la criticidad de las mismas, se evaluó la Frecuencia (veces en que ocurre el evento) y el Impacto del mismo en la no eficiencia. Para priorizar las causas realizamos el cálculo de la criticidad que es el producto de la frecuencia x el impacto, esto nos permitirá ponderar las causas y priorizarlas, esto ayudara a la siguiente etapa de que es diseño de soluciones para poder calcular que % de mejora podríamos obtener de eliminar las causas identificadas. Esto permite tener un panorama claro de las causas, primero identificándolas a que M pertenece, si es factible de solucionarla, y el nivel de importancia para inicial la solución por dónde empezar y cual atacar primero, tener un conocimiento de la frecuencia con que ocurre el nivel de impacto que origina cuando aparece.

Cuadro 2.5. Evaluación de las causas.

ESCALA	FRECUENCIA	IMPACTO
1	Se presenta pocas veces.	Cuando se presenta impacta poco en el problema.
3	Se presenta varias veces.	Cuando se presenta impacta en forma media en el problema.
9	Se presenta permanentemente.	Cuando se presenta impacta mucho en el problema.
CRITICIDAD = FRECUENCIA X IMPACTO		

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 2.6. Causas factibles de solución y nivel de criticidad.

LISTADO DE CAUSAS	6M						CAUSA A SER ATACADA (SI/NO)	VALOR CRITICIDAD
	HOMBRE	METODO	MAQUINARIA	MATERIA	MEDIO	MEDICION		
Falta de control en la selección de chatarra.		X					SI	81
Se utiliza chatarra de reproceso con alta presencia de impurezas.				X			SI	81
La viruta reproceso contiene metanol y aceites que evaporan				X			SI	81
La chatarra de proveedores contiene impurezas(tierra, clavos, etc)				X			SI	9
Falta personal a horas de refrigerio,(producción continua)		X					SI	81
La baja de temperatura en el vaciado genera rechupes.		X					SI	81
Demora del laboratorio en aprobar la colada produce enfriamiento	X						SI	81
Oxidación de material por alta temperatura y sobre calentamiento		X					SI	81
Inadecuado tamaño de tochos			X				SI	81
Falta control de temperatura y tiempo de fusión		X					SI	81
Existe diferente criterio en la selección de la chatarra		X					SI	27
Ocurre enfriamiento de la colada por demora en el vaciado		X					SI	27
Enfriamiento de la colada por demora de grúa puente.			X				SI	27
Ocurre derrames por colada		X					SI	27
Inadecuado diseño de los tochos			X				SI	27
Falta de procedimiento para proceso de fundición.		X					SI	27
Falta de herramientas para la operación del horno.			X				SI	9
Falta de mantenimiento al pirómetro			X				SI	9
Perdida de viruta por calentamiento de horno con soplete		X					SI	27
Mayor frecuencia en la limpieza de tochos		X					SI	81
Falta capacitación en técnicas de fundición y métodos de trabajo	X						SI	27
Desconocimiento del personal en temas de calidad	X						SI	27
Diferente método de trabajo entre cada maestro hornero		X					SI	81
La producción esta enfocada en metas, mas no en calidad		X					SI	27
Falta procedimiento para la selección de chatarra.		X					SI	27
No existe procedimiento de medición de variables criticas						X	SI	81
Alta temperatura en el ambiente de trabajo					X		NO	27
El área de trabajo, existe contaminación del aire con metales					X		NO	27
Pocos proveedores de chatarra				X			NO	27

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD

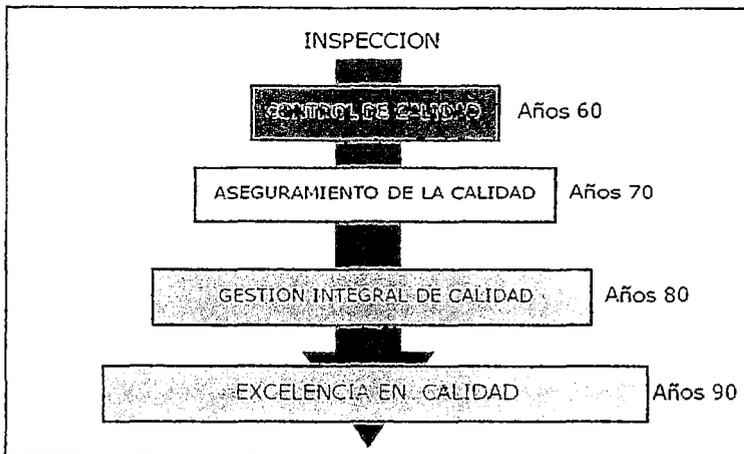
El mundo empresarial cada instante sufre cambios, una decisión tomada hoy puede ser correcta, más se transforma en un error en el mañana, los factores que influyen en la calidad también cambian constantemente en su actuar, aparecen otros factores, hasta hace poco los factores se agrupaban en 4 M, hoy hablamos de 9 M (medio ambiente, mediciones, riesgos, tecnología), la calidad se torna indispensable en todos los niveles de la organización a nivel micro y también a nivel macro, la calidad evoluciona, ya no es suficiente solo mejorar tu proceso y desplegarlo a tu organización, ahora tienes que certificar esa mejora y desplegarlo hacia fuera de tu organización, no es suficiente el ISO, ahora tienes que certificar las buenas practicas (BPM), tienes que certificar la inocuidad (IFS, HACCAP) , certificar el transporte y manipuleo de tus productos (BASC) con forme a ley, certificar que no contaminas el ambiente(ISO 14000), entre otras certificaciones. Además se debe garantizar que la empresa tiene un rumbo, una dirección hacia el crecimiento, toda tu organización sabe que hacer en el día a día para lograr la visión y misión, y cumplir con los planes estratégicos y operativos, controlados por indicadores desplegados en la organización, todo con el fin de continuar en el mercado; ser competitivos, satisfacer a los stake holders y no fenecer bajo el entorno competitivo, la meta es lograr la excelencia en la gestión de la calidad.

Existen muchas definiciones de calidad que refieren excelencia en servicios y bienes que cumplen con las expectativas de los "clientes". Entre las principales definiciones de calidad encontramos: "Una buena calidad no significa necesariamente una "alta calidad", más que eso, calidad es un grado predecible de uniformidad y confiabilidad a bajo costo, y adecuado al mercado. Calidad es lo que el cliente desea y necesita".(W. Edwards Deming) "La calidad es en esencia una manera de administrar la organización, y al igual que el marketing y las finanzas, la calidad se ha convertido en un elemento imprescindible de la gerencia moderna" (Armand V. Feigenbaum) "Calidad Total es estar en forma para el uso, desde los puntos de vista estructurales, sensoriales, orientados en el tiempo, comerciales y éticos en base a parámetros de calidad de diseño, calidad de cumplimiento, de habilidad, seguridad del producto y servicio en el campo". (Joseph M. Juran) "Calidad Total es el cumplimiento de los requerimientos, donde el sistema es la prevención, el estándar es cero defectos y la medida es el precio del incumplimiento.". (Philip B. Crosby) "Calidad Total es cuando se logra un producto económico, útil y satisfactorio para el consumidor". (Kaoru Ishikawa) "La calidad se define como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos" (ISO 9000:2005, 3.1.1.) Los grandes pensadores de la calidad la han enfocado a la satisfacción del cliente y optimización para luego convertirse en un sistema de gestión donde la trilogía de Juran: planeamiento, control y mejoramiento de la calidad; los catorce (14) puntos de Deming; las siete (7) herramientas de Kaoru Ishikawa entre otros aportes, se encuentran inmersos en todo programa de mejora. El concepto de Calidad ha evolucionado hasta convertirse en una forma de gestión que las organizaciones desarrollan para un mejoramiento continuo.

La calidad evoluciono desde el control de la calidad en los años 60 , el aseguramiento de la calidad años 70, pasando por la gestión integral de la calidad años 80, y finalmente la calidad total como la excelencia de la calidad total, una de las herramientas importante es el modelo de Gestión

Malcom Baldrige icono de la gestión en calidad total cuyo origen esta en los estados unidos como respuesta al éxito japonés en la mejora de la calidad.

Grafico 3.1 La calidad en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

a. Control de la calidad

Hacia 1933, se introduce la estadística para planes de muestreo del producto final y años más tarde, los controles intermedios en el proceso que mejoran la calidad al final de la línea, pasando de controlar el producto a controlar el proceso, identificando los parámetros que consiguen que el producto salga bien, difundiéndose de esa manera el “control estadístico del proceso”. Siendo el control de la calidad la aplicación de técnicas y esfuerzos para mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio, implica la integración de las siguientes actividades y técnicas:

- Especificación de qué se necesita.
- Diseño del producto o servicio de manera que cumpla con las especificaciones.
- Producción o instalación que cumpla cabalmente con las especificaciones.
- Inspección para cerciorarse del cumplimiento de las especificaciones.

- Revisión durante el uso a fin de allegarse de información que, en caso de ser necesario, sirva como base para modificar las especificaciones.

b. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad a diferencia del control, requiere un planeamiento de las actividades que garanticen que un determinado producto o servicio satisfaga determinados requisitos de calidad; a ello también se le conoce como "garantía de la calidad". Para lo cual, es necesaria una evaluación continua y responsable de la efectividad del sistema de calidad. El aseguramiento de la calidad requiere de organización y documentación de todos los aspectos que pudieran influir en la calidad del producto. Ello da estabilidad al mercado y genera confianza en los negocios. Es por ello que la normalización de la forma en que se asegura la calidad es importante para la apertura de mercados.

La serie ISO 9000 como conjunto de normas orientadas a ordenar y mejorar la gestión de las empresas tiene reconocimiento internacional y abre las puertas a mercados importantes con demandas solventes. En las empresas, los grupos de aseguramiento de la calidad participan en la revisión de los productos previamente seleccionados para evaluar su conformidad a los procedimientos, normas o criterios especificados. Para ello elaboran un plan de aseguramiento de la calidad que tendrá como función el identificar las posibles desviaciones a los estándares aplicados y comprobar si se han llevado a cabo las medidas preventivas o correctoras necesarias.

c. Calidad Total

Un requisito importante para hacer que todo lo anterior mencionado en el control y aseguramiento de la calidad sea realidad, es la flexibilidad. Este factor permite eliminar causas de defectos o modos de falla que se detallaran posteriormente, así como la determinación de vías alternativas de acción para mejorar y asegurar la continuidad de los procesos de negocio.

Para obtener la flexibilidad se requiere llevar la Calidad Total directamente al corazón del sistema, lo que se denomina "el management de las organizaciones". Una integración de tal magnitud alinea perfectamente el plan estratégico con la gestión de la calidad con las decisiones de negocio; este objetivo supone la participación de los miembros de la empresa y de todos los aspectos relacionados con la organización. "En calidad total se hace referencia a dos tipos de clientes, los internos y los externos. Los clientes internos son las unidades operativas que proveen productos o servicios. Y dentro de cada unidad funcional cada integrante que participa en los procesos y servicios a otro u otros grupos de empleados. También están incluidos los directores socios y accionistas".

Los clientes externos son aquellos consumidores finales del producto o servicio, los proveedores y las instituciones gubernamentales y no gubernamentales que intervienen en la continuidad del negocio.

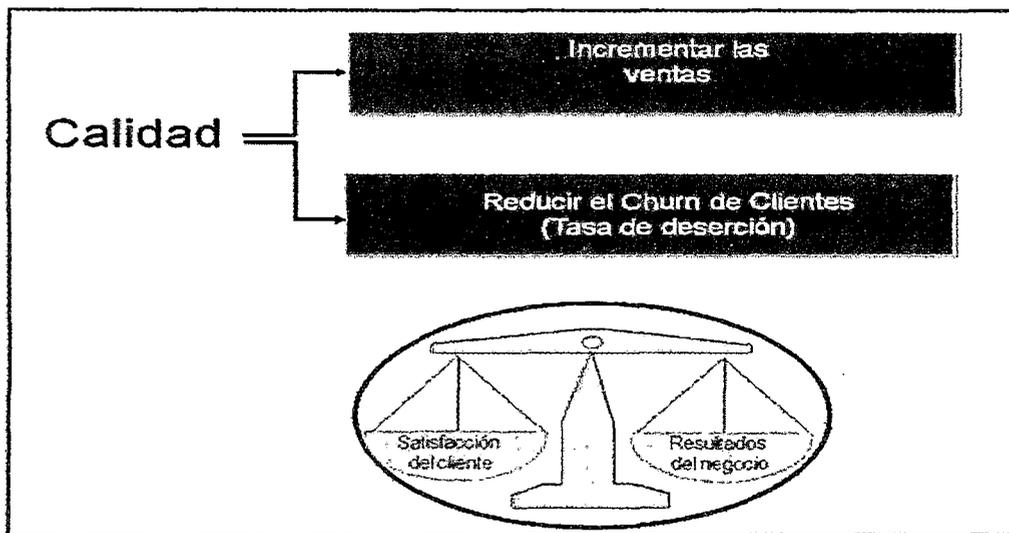
Tomar la decisión estratégica de incorporar la Calidad Total en la organización luego de analizar las amenazas y oportunidades globales y específicas, significa redefinir el sistema de valores, es decir, hacer un cambio de tipo cultural y uniforme. Es a partir del establecimiento de valores cuando se efectúa el análisis sobre la interrelación y adecuación de las fortalezas y debilidades.

3.2. SEIS SIGMA

El concepto de seis sigma se enfoca hacia la reducción de la variación en todos los niveles del proceso y a lo largo de toda la organización, esta reducción impacta en los costos de producción, six sigma busca la perfección del proceso a través de la reducción de defectos, "solo aquellas compañías que eliminan sus defectos tendrán lo que llevan a la victoria" " las compañías rupturistas se esfuerzan por obtener productos y servicios 100% libres de defectos" (Larry bossidy- 1997).

Six sigma es una estrategia global para acelerar mejoras en procesos productos y servicios, todo este concepto llamado de "ruptura", la variación es el enemigo que se ataca utilizando herramientas estadísticas, " Six Sigma es una filosofía de hacer negocios (suministrando producto o servicio) englobando las metodologías de prevención de fallos en vez de detección " (Bill Ross 1998), todo enfocado a la satisfacción del cliente principio guía para obtener resultados del negocio.

Grafico 3.2 Orientación seis sigma



Fuente: elaboración propia.

Las fuentes de variación son diversas, y solo entre el 5%-10% son visibles, las demás se encuentran escondidas dentro del proceso mismo, ejemplo:

- Costos escondidos:
- Exceso de inventario
- Demora en las entregas
- Valor del dinero en el tiempo.
- Reprocesos.
- Rotación de personal
- Errores en planeación, etc.

Grafico 3.3 costos escondidos

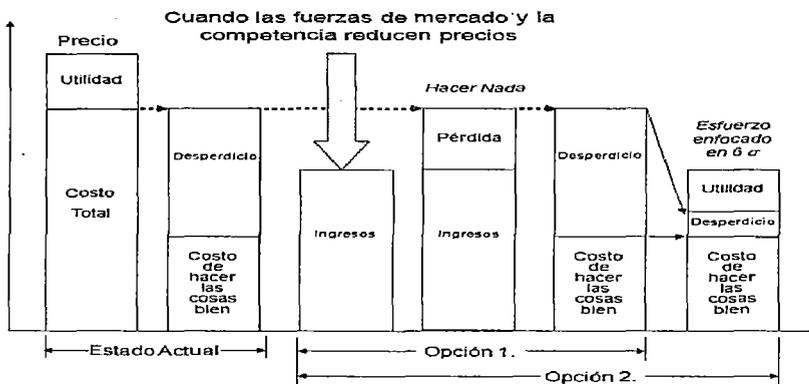


Fuente: Control estadístico de la calidad seis sigma – ASQ Católica.

“la peculiaridad del ser humano es su capacidad de observar medir analizar y utilizar la información para generar cambios “(Harrington, 1998)

Cuando nos preguntamos ¿Porqué utilizar six sigma?, dirigimos la mirada al mercado y a la competencia cuyo efecto es la reducción de los precios dejando como única estrategia la mejora continua en la reducción de costos de producción, como única alternativa para obtener utilidades.

Grafico: 3.4 ¿ Porque usar seis sigma?



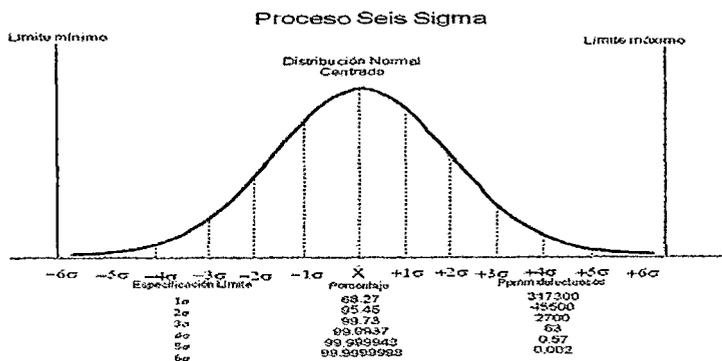
Fuente: Black Belts - BID .

Porque tener éxito y mantenerlo en el actual mundo de los negocios es mucho más difícil de lo que ha sido nunca. En la economía actual la mayoría de la gente se dedica a los servicios en lugar de fabricar bienes y productos. Y la mayor parte de estos servicios presenta unos niveles de ineficiencia tales que una fábrica cerraría en un mes si produjera tantos defectos. Seis sigma proporciona potentes herramientas capaces de mejorar estos servicios hasta niveles de calidad solo vistos hasta ahora en la industria de alta precisión (Peter S. Pande – claves del seis sigma).

Calidad Seis Sigma.

Seis sigma es una filosofía de trabajo, una métrica y una meta. Filosofía de trabajo: significa mejoramiento continuo de procesos y productos a través de una metodología que combina herramientas estadísticas y optimización de procesos. Métrica: representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Meta: busca lograr niveles de calidad de clase mundial de 99.9997% (3.4 p.p.m. de oportunidades de productos o servicios defectuosos).

Grafico: 3.5 Proceso Seis Sigma.

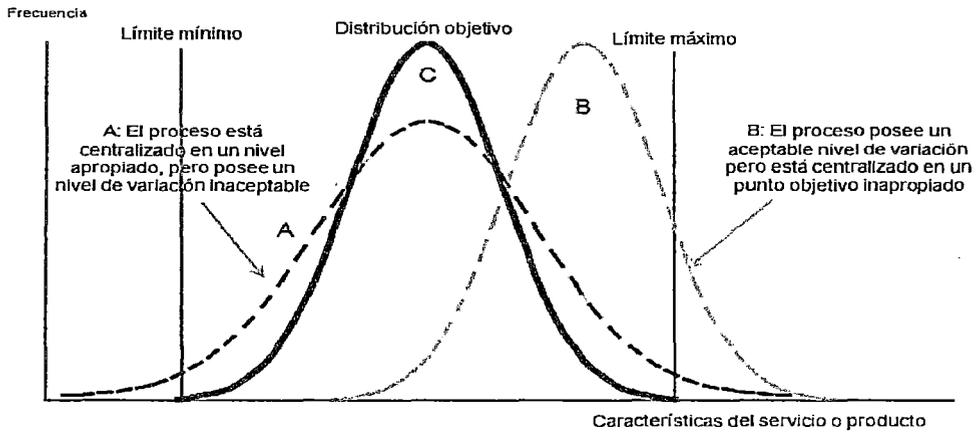


Fuente: elaboración propia.

Seis Sigma busca eliminar los desperdicios, reducir la variabilidad y minimizar errores, a través de una metodología altamente estructurada de mejoramiento de los procesos, con el objetivo de lograr la satisfacción del

cliente y obtener beneficios económicos en la Empresa. Se busca tener un proceso que genere tan solo 3,4 defectos por millón de oportunidades

Grafico: 3.6 proceso descentrado y no capaz.

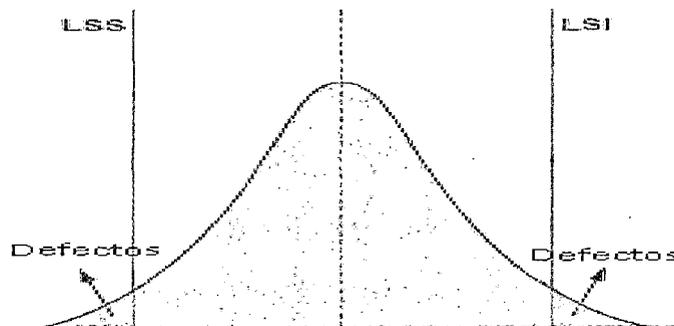


Fuente: elaboración propia.

Defecto.

Es toda variación con respecto a una especificación establecida, con Lean Six Sigma se reducen drásticamente los defectos de calidad, producidos por las variaciones de los procesos, hasta un límite de tan sólo 3,4 defectos por millón de oportunidades, mejorando a la vez la satisfacción de los clientes y los resultados económicos

Grafico: 3.7 Defectos



Fuente: elaboración propia.

Con Lean Six Sigma se reducen drásticamente los defectos de calidad, producidos por las variaciones de los procesos, hasta un límite de tan sólo 3,4 defectos por millón de oportunidades, mejorando a la vez la satisfacción de los clientes y los resultados económicos

“La cada vez mayor exigencia de los mercados y la velocidad de los negocios hacen que el crecimiento signifique la supervivencia ante factores externos cambiantes que definen la estrategia de las organizaciones. Este crecimiento a su vez, está determinando por la satisfacción del cliente que está regido por la calidad, el precio y el resultado”. (Dr. Michael J. Harry, Six Sigma Academy)

“La calidad, el precio y el resultado están controlados por la capacidad del proceso, que a su vez está limitado por la variación, la cual conduce a un incremento en los defectos y un encarecimiento del proceso. Para eliminar la variación debemos aplicar el conocimiento correcto y para ellos debemos adquirirlo, pero para ello debemos tener la voluntad de sobrevivir”. (Dr. Michael J. Harry, Six Sigma Academy)

Six Sigma es una estrategia global y a la vez es una medición de estrategias que genera ruptura en los negocios. Desarrollada por el ingeniero y científico Bill Smith en Motorola en el año 1987, Six Sigma se vuelve una estrategia de negocios con una capacidad de acelerar mejoras en procesos, productos y servicios que es a lo que se denomina ruptura. En términos estadísticos, Six Sigma se refiere a un proceso que tiene seis (6) desviaciones típicas entre el objetivo y el límite de especificación más cercano. Esta distancia de seis (6) sigmas es lo que permite que la probabilidad de error sea muy baja y el proceso se encuentre asegurado.

3.3. DISTRIBUCIÓN NORMAL

La distribución normal es también un caso particular de **probabilidad de variable aleatoria continua**, fue reconocida por primera vez por el francés

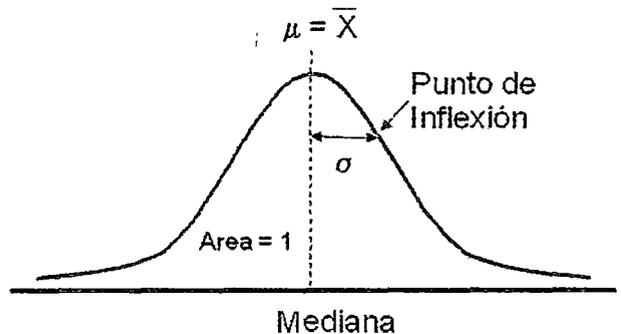
Abraham de Moivre (1667-1754). Posteriormente, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) elaboró desarrollos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí que también se le conozca, más comúnmente, como la **"campana de Gauss"**. La distribución de una variable normal está completamente determinada por dos parámetros, su media (μ) y su desviación estándar (σ). Con esta notación, la densidad de la normal viene dada por la ecuación:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx$$

que determina la curva en forma de campana:

Características:

- Eje de Simetría ubicado en el Promedio (μ) que es igual a la Mediana.
- Distancia entre el Eje de Simetría y el punto de inflexión es igual a σ .
- El Promedio y la Desviación Estándar son independientes.
- El área debajo de la curva es igual a 1 (100% de las observaciones).



Existen dos razones básicas por las cuales la distribución normal ocupa un lugar tan prominente en la estadística:

- Tiene algunas propiedades que la hacen aplicable a un gran número de situaciones en la que es necesario hacer inferencias mediante la toma de muestras.
- La distribución normal casi se ajusta a las distribuciones de frecuencias reales observadas en muchos fenómenos, incluyendo características humanas, resultados de procesos físicos y muchas otras medidas de

interés para los administradores, tanto en el sector público como en el privado.

Propiedad:

No importa cuáles sean los valores de μ y σ para una distribución de probabilidad normal, el área total bajo la curva siempre es 1, de manera que podemos pensar en áreas bajo la curva como si fueran probabilidades. Matemáticamente es verdad que:

- Aproximadamente el 68% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentra dentro de ± 1 desviación estándar de la media.
- Aproximadamente el 95.5% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentra dentro de ± 2 desviaciones estándar de la media.
- Aproximadamente el 99.7% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentra dentro de ± 3 desviaciones estándar de la media.

Para cualquier distribución normal de probabilidad, todos los intervalos que contienen el mismo número de desviaciones estándar a partir de la media contendrán la misma fracción del área total bajo la curva para cualquier distribución de probabilidad normal. Esto hace que sea posible usar solamente una tabla de la distribución de probabilidad normal estándar.

El valor de z está derivado de la fórmula:
$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

En la que:

- x = valor de la variable aleatoria de interés.
- μ = media de la distribución de la variable aleatoria.
- σ = desviación estándar de la distribución.

- z = número de desviaciones estándar que hay desde x a la media de la distribución. (El uso de z es solamente un cambio de escala de medición del eje horizontal)

3.4. METODOLOGÍA LEAN - SEIS SIGMA: DMAIC

El enfoque de esta metodología es la excelencia operacional, su estructura agrupa las buenas prácticas en gestión de la calidad, junto con la utilización de herramientas estadísticas : desde el uso de paretos, hasta herramientas complejas como el diseño de experimento, cada etapa implica una aplicación rigurosa de las herramientas de calidad, constituye un error el obviar alguna etapa , así como el análisis superficial de la variación, su aplicación requiere el desarrollo de 5 etapas definidas :

Grafico 3.8 Metodología DMAIC.



Fuente: elaboración propia

Requisitos para aplicación del seis sigma:

- Procesos con datos en cada etapa.
- Procesos con un grado de madures evidente
- Procesos estandarizados.
- Maquinarias con mantenimiento estándar y rendimiento operativo.
- Conciencia de la organización del costo de la no calidad.

- Cultura de calidad desplegada a la organización.
- Liderazgo de la gerencia en la gestión de la calidad.
- Equipo de mandos medios con dominio de herramientas estadísticas y software estadístico MINITAB.

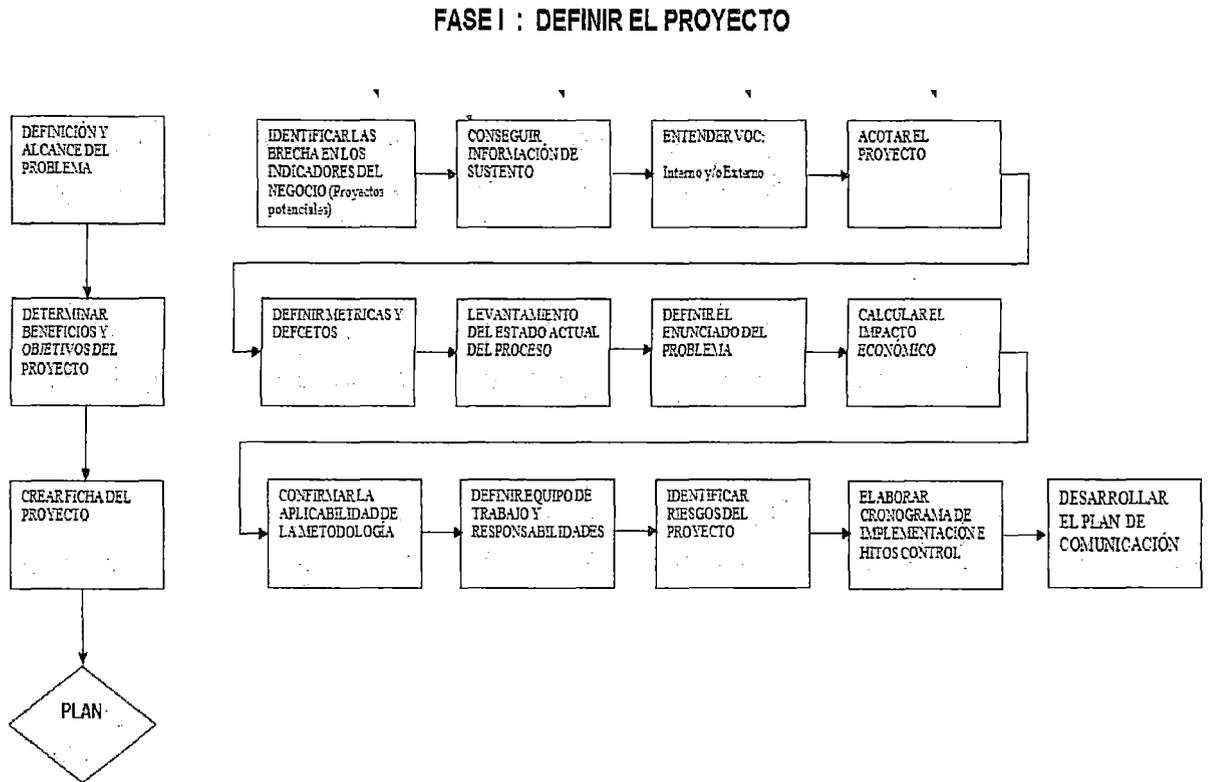
3.4.1. ETAPA DEFINIR

En esta etapa se empieza por identificar las brechas de los indicadores del negocio tanto las financieras, las operativas y las de monitoreo de la calidad, se identifican oportunidades de mejora empezando por los indicadores financieros, de haber muchos posibles proyectos utilizamos la matriz de selección cuyos parámetros de evaluación se definen por la empresa, se evalúan los proyectos seleccionándolo por la mayor puntuación.

Se realiza un diagnóstico comparando la existencia o no de los requisitos mínimos que debe tener la empresa para una óptima implementación, se identifican y definen los requisitos de calidad requeridos por el cliente y que procesos se tornan claves en la satisfacción de esos requerimientos, se define la oportunidad de mejora utilizando las brechas con los indicadores de resultados del negocio, se define el equipo, plazos, indicadores a medir, herramientas a utilizar, el objetivo de realizar el proyecto, el alcance, el estado actual de la variación, la tendencia, y principalmente el impacto económico a obtener realizado el proyecto.

Posteriormente se definen las métricas y defectos, empezando por el levantamiento del proceso, etapa por etapa, identificando los procesos críticos. Posteriormente confirmamos la aplicabilidad de la metodología; es decir si el proceso es maduro (cuenta con datos) es un proceso estandarizado, los factores como maquinaria se encuentran operativas y con mantenimiento estandarizadas, el personal operativo se encuentra capacitado y tiene las competencias mínimas adecuadas. Finalmente se aprueba el proyecto y se realiza una hoja de proyecto.

Grafico 3.9 Etapa Definir.



Fuente: elaboración propia

Integrando el principio de satisfacción del cliente se identifican los parámetros críticos para la calidad CTQ (Critical to Quality) involucrados con uno o más objetivos del proceso de negocio, mediante la recolección de los requerimientos del cliente VOC (voice of the customer).

Las actividades involucradas con esta fase son las siguientes:

- Identificar el proceso a mejorar.
- Identificar el cliente.
- Identificar las salidas de cada proceso.
- Identificar etapas del proceso.
- Definir que es defecto .
- Definir expectativas de los clientes.
- Identificación de los clientes externos e internos.

- Estimación del costo de la no calidad.
- Mapeo de proceso.

Algunas herramientas comúnmente usadas en esta etapa son:

- Lluvia de ideas.
- Matriz de selección de Proyectos: herramienta para seleccionar proyectos en base a criterios establecidos por la empresa.
- Mapeo de procesos: Descripción de las etapas del proceso, con el objetivo de identificar la secuencia lógica e identificar oportunidades de mejora.
- QFD (Quality Function Development): El despliegue de la función de la calidad es un sistema que busca focalizar el diseño de un producto o servicio a la satisfacción de las necesidades de los clientes, al darles a estas una prioridad de su intervención en el desarrollo del diseño. Sin embargo, en algunos casos basta con un formato de cuestionario que provea de un mapa porcentual de respuesta de los clientes.
- AMEF : identificación de los defectos a lo largo de las etapas, ponderarlas y ser marco de referencia para las mejoras.
- Quick Wins: formato de soluciones obvias, con responsables, fechas, estado actual y reprogramaciones, sirve para empezar a aplicar las mejoras sin esperar a llegar a la etapa de implantación.
- SIPOC (Suppliers, Input, Process, Output and Customers): Es un diagrama de flujo de proceso que ayuda identificar elementos relevantes en la mejora de los procesos antes que estas inicien.
- Matriz Causa-Efecto: Es una tabla de doble entrada que relaciona los requerimientos de los clientes (Que(s)) con los procesos del negocio (Como(s)) con el fin de priorizar de dar enfoque al proyecto six sigma priorizando los procesos a mejorar y los requerimientos atacar.

Cuadro 3.1 matriz de selección.

MATRIZ DE SELECCIÓN :

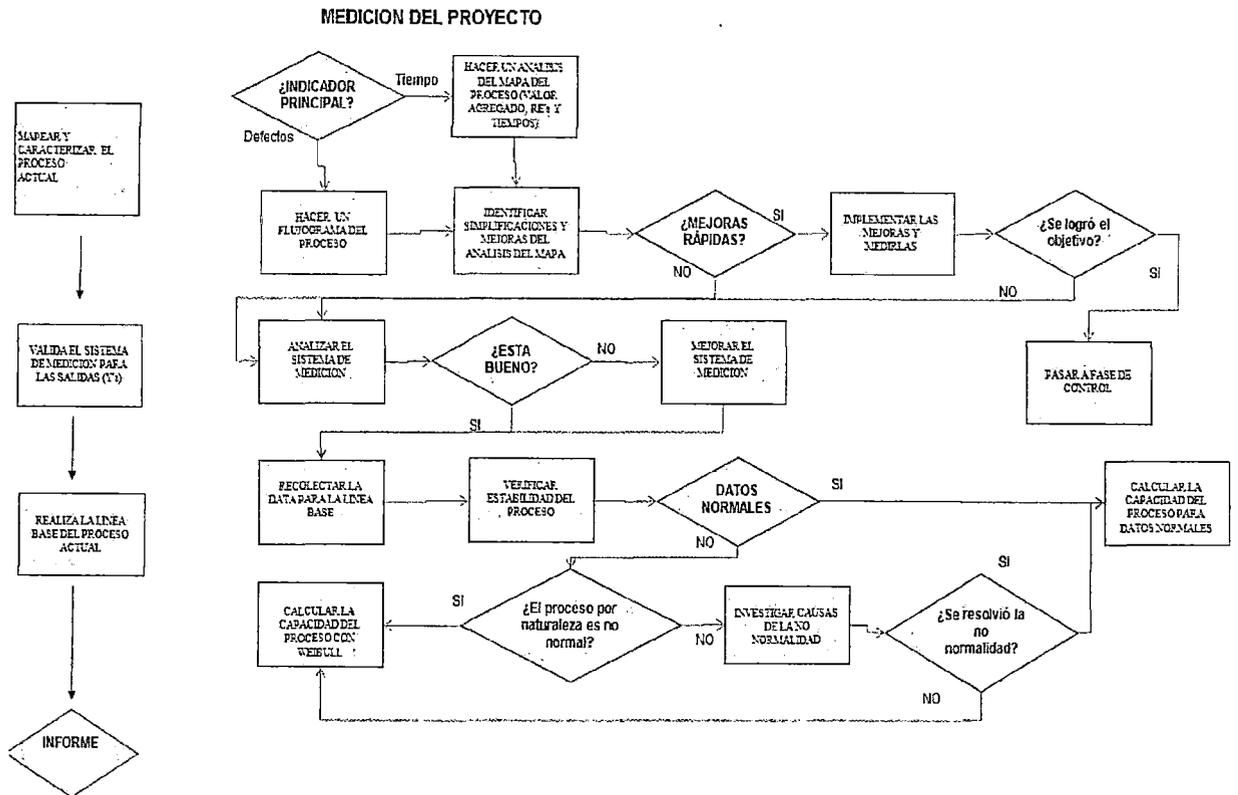
CRITERIOS A CHEQUEAR					
LISTADO DE PROYECTOS	IMPACTO EN CALIDAD DE SERVICIOS Y AHORRO DE RECURSOS PESO: (35%)	IMPACTO FINANCIERO DE LA SOLUCION DEL PROYECTO PESO: (25%)	SOLUCION EN NO MAS DE 8 MESES PESO: (20%)	ANÁLISIS Y SOLUCIÓN DEPENDE DE SU ÁREA PESO: (20%)	TOTAL

Fuente: elaboración propia

3.4.2. ETAPA MEDIR

En esta etapa se mapea y caracteriza el proceso actual, con el objetivo de tener un panorama integral del funcionamiento del negocio, para luego definir que indicadores monitoreamos, definir datos y levantamiento de información. En la búsqueda del mayor impacto subdividimos la oportunidad de mejora, en procesos, productos, clientes etc. Buscando en que subdivisión existe un mayor impacto en la solución. Finalmente validamos la información y generamos una base de datos iniciales, que son con las cuales comparamos las mejoras al finalizar el proyecto.

Grafico 3.11 Etapa Medición



Fuente: elaboración propia

El objetivo de esta etapa es el desarrollo de un confiable sistema de medición del proceso de negocio identificado en la etapa Definir; para ello se identifican las medidas claves del proceso que son a su vez salidas relevantes del negocio KPOV's (Key Process Output Variables) o Ys. Una vez identificadas las salidas del proceso se definen los defectos de dichas salidas y se valida el sistema de medida KPOV. Se debe tomar en cuenta al realizar los sistemas de medidas de los KPOV que estas salidas pueden ser:

- Continuas: Medidas a una escala continua como es el caso de la presión, la temperatura, cantidades monetarias, etc.
- Discretas: Medidas como números enteros como los días, elementos o eventos.

- Cualitativas: Medidas no numéricas que califican un bien o servicio.

Para cada salida (KPOV) correspondiente a los parámetros críticos para la calidad (CTQ) definidos en la etapa anterior, se establece una línea de base de su actual capacidad; para ello se debe encontrar su tasa de defectos para obtener el DPMO (Defectos por millón de oportunidades), PPM (Partes por millón) o Nivel Sigma.

Para medir el rendimiento del proceso y determinar su línea de bases, se tienen otros indicadores aparte del nivel sigma. Estos son la capacidad del proceso (C_p o C_{pk}) y el rendimiento del proceso (P_p o P_{pk}). Sin embargo, antes de ahondar en estos indicadores, se debe comprender los siguientes conceptos:

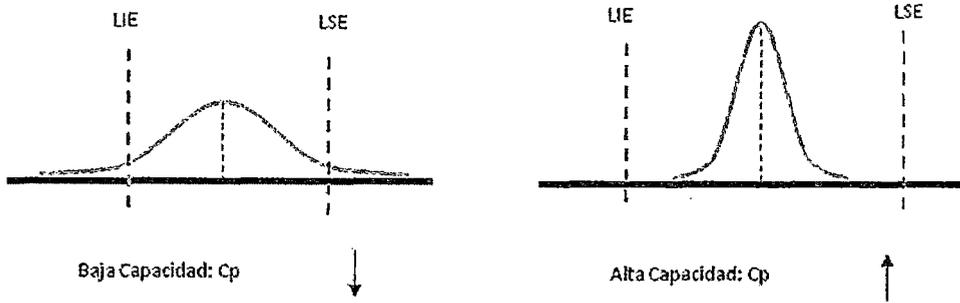
Variación inherente al proceso: Porción de la variación del proceso como consecuencia de causas comunes. Esta variación es estimada en cuadros de control por $R/d2$. Donde R es el promedio de rangos y $d2$ es una constante

Variación total del proceso: Es la variación como consecuencia de causas comunes y especiales. Esta variación es estimada por la desviación muestral.

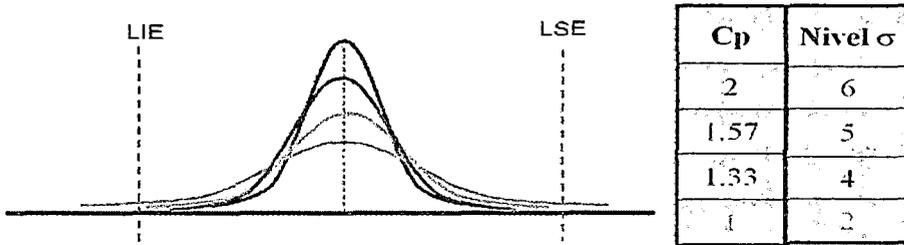
La capacidad del proceso se mide por desviaciones inherentes al proceso, mientras que el rendimiento del proceso se mide con desviaciones totales.

según la AIAG (Automotive Industry Action Group) estos indicadores se definen de la siguiente forma:

- C_p : Índice de capacidad que se define como el ancho de tolerancia dividido por la capacidad del proceso sin tomar en cuenta el centro.



$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$



Se recomienda



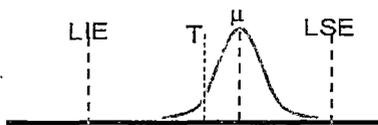
$Cp > 1.4 \rightarrow 4\sigma$

- Cpk: Índice de capacidad que toma en cuenta el centro del proceso, escogiendo la distancia entre la media y la especificación más cercana a ella.

$$Cpk_{sup} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma}$$

$$Cpk_{inf} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma}$$

Si $Cpk_{sup} < Cpk_{inf}$
 μ tiende a LSE



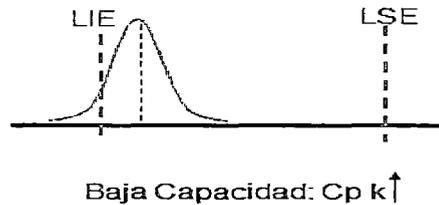
Si $Cpk_{sup} > Cpk_{inf}$
 μ tiende a LIE



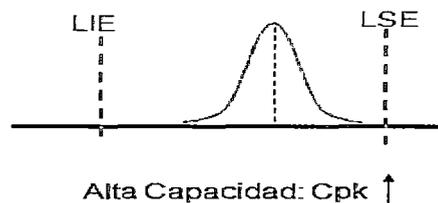
$\rightarrow Cpk = \text{Min} (Cpk_{sup}, Cpk_{inf})$

- $Cpk = 1$ Indica que la cola de la distribución y el límite de especificación están a igual

- $Cpk < 1$ indica que algunos datos están por fuera del límite



- $Cpk > 1$ indica que los datos están dentro del límite de la especificación



- Pp : Índice de rendimiento que se define como el ancho de tolerancia dividido por el rendimiento del proceso sin tomar en cuenta el centro del mismo. Por lo general, es expresado como el ancho de tolerancia dividido por seis (6) veces la desviación muestral. Es usado para compararlo con el Cp .

- Ppk : Índice de rendimiento que toma en cuenta el centro del proceso y debe ser usado para compararlo con el Cpk .

El objetivo de encontrar la línea de base de las capacidades de los KPOV's en la fase medir, es determinar el denominado "entitlement" o rendimiento deseado del proceso (mejor nivel sigma) que se debe ser capaz de lograr.

Encontrada la línea de base y un sistema de medición se puede inferir las causas de la variación de las variables de salida con una tormenta de ideas ordenadas en un esquema de causa-efecto como el diagrama de espina de pescado del profesor

Doctor Kaoru Ishikawa. En su elaboración se toma en cuenta de seis (6) espinas:

1. Máquina: Dispositivos, herramientas y todo tipo de aparato que interviene en el proceso.
2. Persona: Personal que se encuentra directa e indirectamente relacionado al trabajo.
3. Medición: Cómo se miden las variables claves de salida del proceso.
4. Método: Forma o manera del desarrollo de las actividades u operaciones.
5. Ambiente: Factores externos no controlables que generan ruido del proceso
6. Material: Insumos o materia prima.

A las causas de la variación que se encuentren se denominarán

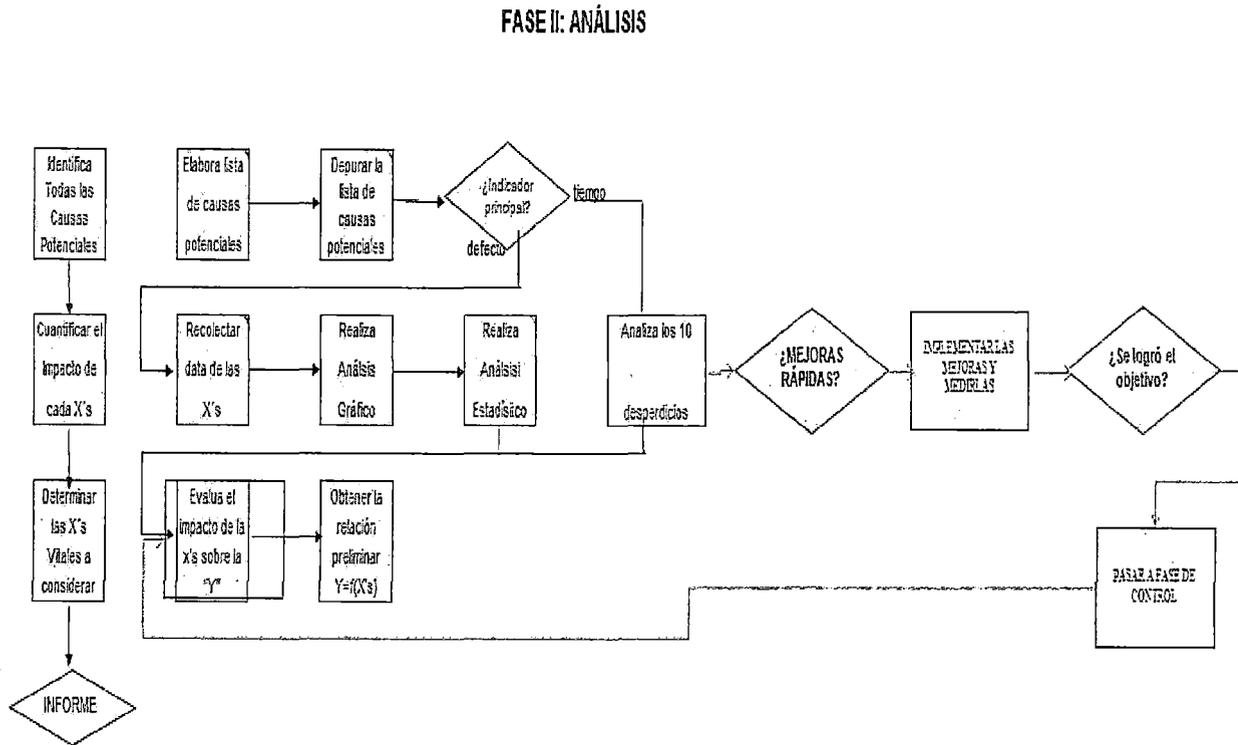
Variables claves de entrada (KPIV: Key Process Input Variable).

3.4.3. ETAPA ANALIZAR

En esta etapa se identifica el tipo de distribución muestral, base con la cual se podrá identificar que herramientas estadísticas usar, que tipo de parámetros estadísticos se usaran, se identifican las causas raíces, cuantificar el impacto de cada X_s e identificar las X_s vitales, y finalmente tener la ecuación preliminar de $Y = f(X_s)$, siendo Y la salida del proceso y las x_s las variables de entrada.

El objetivo del análisis es identificar las variables claves de entrada al proceso KPIV's (Key Process Input Variables) que hacen efecto directo a las variables claves de salida KPOV's que se desea controlar para mejorar el negocio. Durante el análisis se irán identificando las causas del actual rendimiento de las variables de salida, determinado en la etapa de medición del proceso.

Grafico 3.12 Etapa Análisis



Fuente: elaboración propia

Identificadas las causas estas se ponderan para obtener el % de mejora pronosticado, así como tener la base de causas para el diseño de soluciones. la ponderación es en base al criterio de; frecuencia, impacto y severidad.

Pasos para implementación:

- Examinar los procesos e identificar los potenciales "cuellos de botella", así como las desconexiones y redundancias que puedan contribuir al problema.
- Analizar el tiempo de ciclo y de valor, localizando áreas en las que se dedican tiempo y recursos a tareas no críticas para el cliente.
- Analizar los datos del proceso y su rendimiento actual para ayudar a estratificar el problema, a comprender las razones de la variación del proceso y a identificar las causas potenciales.
- Desarrollar hipótesis de causa-efecto para explicar el problema.

- Investigar y verificar la hipótesis causa-efecto, con el fin de certificar que se han puesto al descubierto los factores que explican directamente la relación causa /efecto de la salida del proceso, en relación a las entradas que impulsan al mismo.

Entregables:

- Listado de variables críticas que deben ser controladas
- Entender las relaciones entre los factores vitales
- Tolerancias operativas para esas variables
- Plan experimental
- Reporte para el comité de dirección.

Herramientas:

- Análisis Causa/ Efecto
- Pruebas de Hipótesis
- Análisis multivariable
- Estudio de correlación
- Análisis de REGRESIÓN.

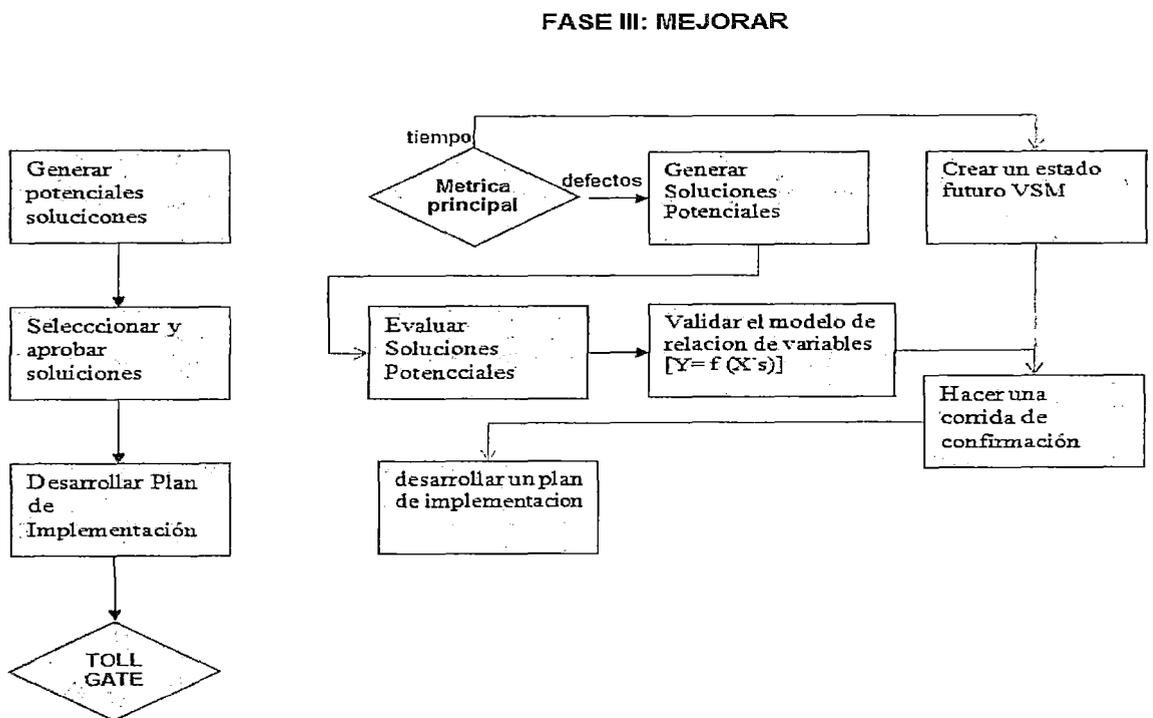
3.4.4. ETAPA MEJORAR

En esta etapa comprobamos las variables críticas identificadas en la etapa de análisis, diseñamos soluciones fundamentadas en el PDCA, esto quiere decir que todas las actividades de solución deben contener: actividades de planeamiento identificando cronogramas periodos y responsables, cronograma de ejecución, verificación de ejecución de lo ya planificado, y aseguramiento si los resultados son positivos actividades de aseguramiento , si son negativas actividades correctivas, todas estas actividades genera un programa completo integral de soluciones que deben impactar en los indicadores definidos .

Pasos para la implementación:

- Definir plenamente las principales soluciones de mejora.
- Definir la estrategia de mejora, seleccionando las soluciones más eficaces para conseguir optimizar el rendimiento del proceso.
- Realizar una evaluación de los riesgos de las soluciones seleccionadas y determinar cuáles serán las acciones de mejora a implantar.
- Probar las acciones de mejora para verificar su aplicabilidad y resultados.
- Evaluar el coste de las acciones de mejora y el beneficio esperado, realizando un análisis coste beneficio de cada una de las acciones.
- Desarrollar un plan de implantación de las mejoras y transferirlo al Champion o al propietario del proceso para su aplicación.
- Implantar definitivamente las mejoras por parte del Champion o del propietario del proceso. (Edgardo J. Escalante -2003)

Grafico 3.13 Etapa Mejora.



Fuente: elaboración propia

Herramientas a utilizar:

Cuadro 3.2 Hoja de Proyecto.

HOJA DE PROYECTO

Nombre del Proyecto :					
Líder del Proyecto :					
Objetivo relacionado:					
OBJETIVOS					
TEMAS / CONTENIDO / FACTORES A ANALIZAR	IMPACTO EN INDICADORES			PARTICIPANTES	
Situación Inicial:	Indicador Principal			Champion:	
	Indicadores relacionados			Green Belts:	
Ambito del Proyecto:	Alternativas de subdivisión			Equipo de Trabajo:	
Temas y Factores a analizar:					
Restricciones:	Fuentes de Impacto económico				
ETAPAS					
ETAPAS	FECHA INICIO	FECHA FIN	PRODUCTO ENTREGABLE	RESPONSABLE	PRESUPUESTO

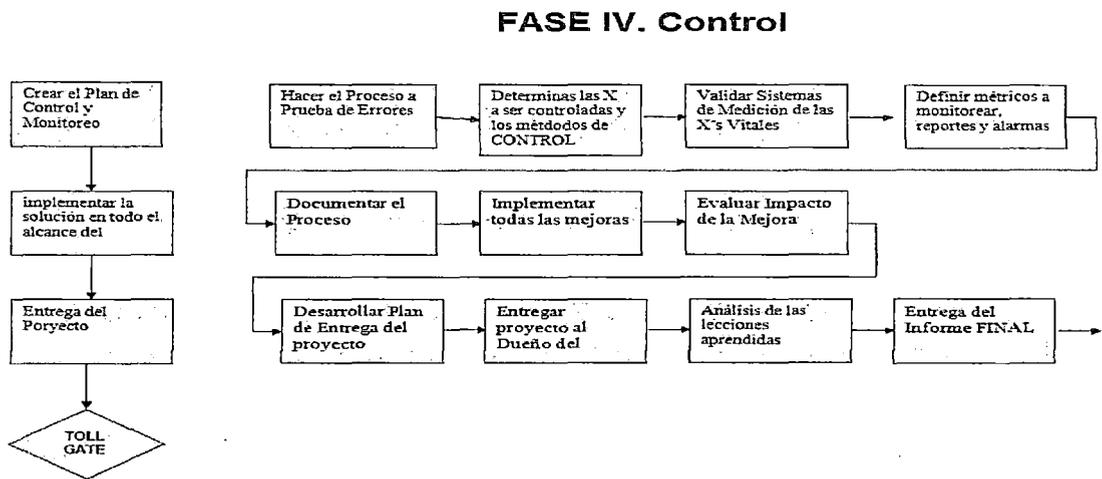
Fuente: elaboración propia

3.4.5. ETAPA DE CONTROL

Se elabora un plan de control y se define el sistema para realizar dicho control de forma sistemática. Se incluyen posibles mecanismos a prueba de errores. Transfiriendo el plan de control al propietario del proceso, junto con

el plan de implantación de las mejoras. Estandarizadas las mejoras, se elaboran o revisan la documentación del proceso (procedimientos, métodos). Se identifican posibles alternativas de replicación del proyecto. Se realiza el reconocimiento correspondiente al equipo de mejora.

Grafico 3.15 Etapa Control



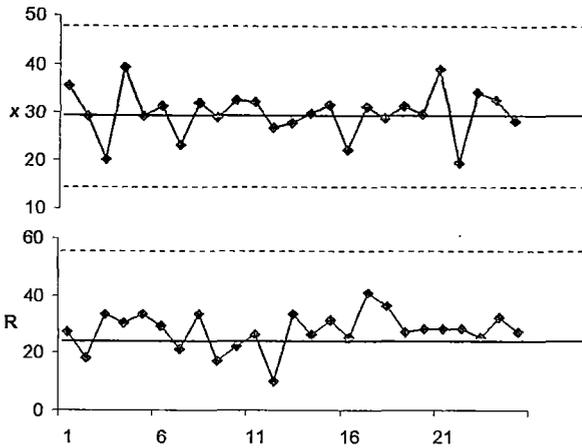
Fuente: elaboración propia

Gráficos de Control

Son utilizados para evaluar y mantener la estabilidad de un proceso. Consiste de:

- Una línea central
- Líneas de límites de control inferior y superior (denominadas Líneas de Control), sirven como guías para controlar el estado del proceso, distinguiendo las dos tipos de causas:
- Causas comunes: Son inevitables en el proceso, aún si las operaciones se realizan con métodos e insumos estandarizados.
- Causas asignables: Son factores significativos que pueden ser investigados, ya que son evitables.

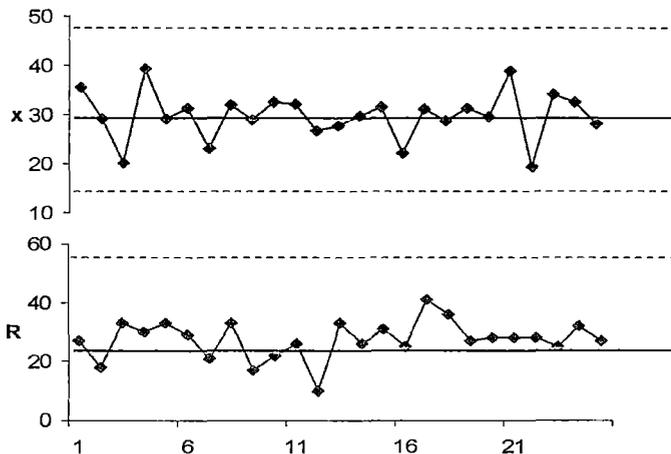
Grafico 3.16 Graficas de control



Fuente: elaboración propia

Si los puntos se ubican dentro de los Límites de Control, sin ninguna tendencia especial, se dice que el proceso está **BAJO CONTROL ESTADÍSTICO**. Es decir, la variación procede de causas aleatorias. Si los puntos caen fuera de los Límites de Control o muestran una tendencia particular, se dice que el proceso está **FUERA DE CONTROL**. Es decir, existe variación por causas asignables.

Grafico 3.17 Graficas de control



Fuente: elaboración propia

Para hacer estos gráficos es necesario estimar la variación debida al azar. Para ello, se dividen los datos en subgrupos, dentro de los cuales los factores que intervienen son comunes.

Tipos de Gráficos de Control

Hay dos tipos, dependiendo de si los valores son continuos o discretos.

Valor Característico	Nombre
Valor continuo	Gráfica $\bar{x} - R$ (Valor promedio y Rango) Gráfica \bar{x} (Variable de medida)
Valor Discreto	Gráfica pn (Número de unidades defectuosas) Gráfica p (Fracción de unidades defectuosas) Gráfica c (Número de defectos) Gráfica u (Número de defectos por unidad)

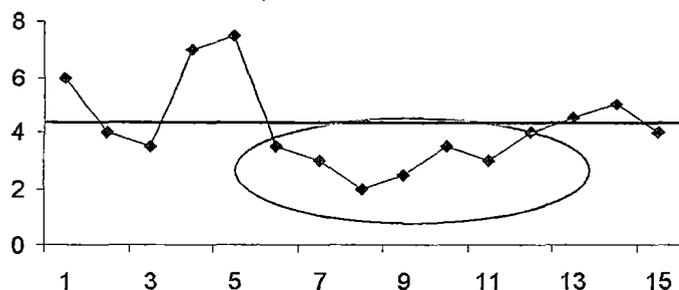
Criterios para determinar la estabilidad del proceso:

Un proceso es estable si cumple las siguientes condiciones:

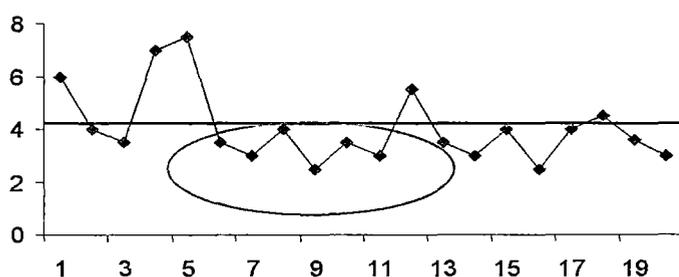
- No hay puntos fuera de los Límites de Control. Si hay un punto sobre el Límite se considera como estuviera fuera del mismo.
- No hay anomalía en la distribución de los puntos.

Evaluación de pautas de distribución anormales:

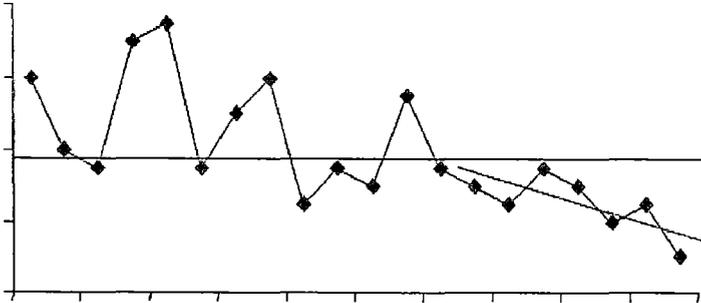
1. Secuencias: Si existe una secuencia continua de puntos (7 a más) en un solo lado de la línea de centro entonces puede haber cambiado el valor medio de la distribución.



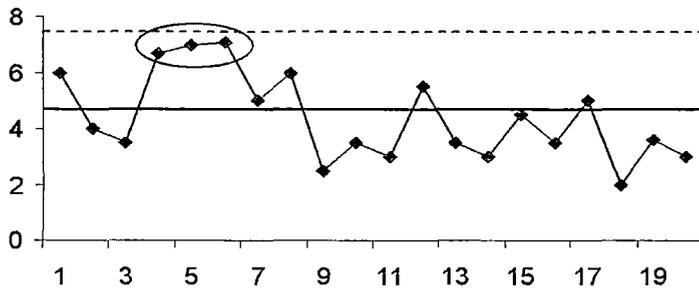
2. Sesgo: Si hay menos de 7 puntos consecutivos de un lado de la línea de centro, pero la mayoría de los puntos están en ese lado. Por ejemplo, si de una secuencia de 11 puntos consecutivos, 10 de ellos están por debajo de la línea pero no consecutivamente.



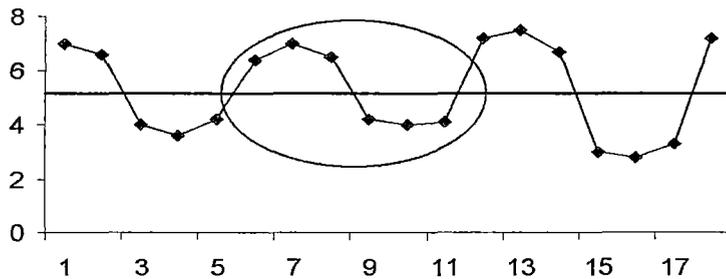
3. Tendencia: Cuando hay ascenso o caída sostenida en la posición de los puntos (7 a más puntos). A menudo los puntos que preceden a la tendencia están fuera de los límites y la tendencia señala un movimiento hacia el límite.



4. Aproximación al límite: Si 2 o 3 puntos consecutivos o 3 o más de 7 puntos se aproximan al límite de control se puede considerara que hay una anomalía. Se conoce como *Límite de Aviso* a la línea ubicada a 2 desviaciones estándar de la Línea de Centro.



5. Periodicidad: Cuando la posición de los puntos asciende o desciende en forma de onda periódica. Algunas veces una periodicidad de onda larga contiene varias ondas de periodicidad más frecuente.



3.5. LEAN- SEIS SIGMA

Las operaciones de servicio ahora comprometen más que el 80% del PBI en los Estados Unidos y están rápidamente creciendo alrededor del mundo. Aún dentro de las compañías manufactureras, es común que sólo el 20% de los costos de venta, mientras que el 80% proviene de los costos que son asociados con el soporte y diseño de funciones. (Lean Six Sigma for Service, Michael George, McGraw-Hill, 2003, Estados Unidos) Existen tres (3) verdades fundamentales:

- Volverse rápido puede verdaderamente mejorar la calidad.
- Mejorar calidad puede verdaderamente volverte más rápido.
- Reducir la complejidad mejora la velocidad y calidad

Los procesos de servicios son por lo general procesos lentos, lo cuales son procesos costosos y de poca calidad. La principal razón de ello es que existe mucho trabajo en proceso; ello se debe a que existe excesiva complejidad. Cuando existe excesivo trabajo en proceso, el servicio puede gastar más que el 90% en tiempo en espera que no genera valor agregado; por lo que para un proceso lento, el 80% de su tiempo es causado por menos del 20% de sus actividades; entonces para mejorar un proceso sólo tenemos que encontrar y mejorar la velocidad del 20% de las etapas del proceso que afectarán en 80% la reducción del ciclo de trabajo.

En el libro "The machine that changed the world" (Womack et al., 1990) publicado por el International Motor Vehicle Program del Massachusetts Institute of Technology (MIT), el sistema ligero de producción japonés, el sistema "Lean Production", desarrollado originariamente por Toyota y seguido por el resto de industrias japonesas del sector sería la clave del éxito de la industria automovilística japonesa en particular y de la economía japonesa en general. Este sistema "Lean Production" significaría un estadio mas avanzado en el sistema de producción industrial, de forma que haría falta una "necesaria transición de la producción en masa a la lean

producción” (Womack, et al. 1990: 12) y su propio nombre de “Lean Production” (producción ligera) haría referencia a la inherente economía de sus medios, de forma que el sistema “lean” utilizaría la mitad de todo en comparación con el sistema de producción en masa, “la mitad de esfuerzo humano en la factoría, la mitad de espacio de fabricación, la mitad de inversiones en herramientas” (Womack et al., 1990:13). Asimismo, este sistema productivo parecía señalar el trabajo en equipo como clave de su éxito, de modo que sería “la dinámica del trabajo en equipo la que emerge en el corazón de la fabrica lean” (Womack et al., 1990:90).

Lean consigue romper la dicotomía Taylorista entre pensar y hacer, aunque eso sí, aceptando que las reglas de juego continuarían siendo las mismas, pues el sistema no afectaría al ámbito de las prerrogativas directivas. Otros autores reconocerían que las practicas del “Lean Production” seguidas por empresas pioneras como Toyota habrían evolucionado durante los años 80, haciéndolo más humano, desarrollando un nueva concepción de la línea de producción que enriquecería verdaderamente el trabajo haciéndolo más atractivo. Dicho de otro modo, pareciera que “Toyota ha cambiado las normas del juego” (Shimizu, 1995: 400), de forma que esta organización multinacional habría entrado en una nueva era, en la que sería posible hablar de “Autonomización” en un sentido verdadero y diferente del viejo Toyotismo, en el que esta palabra tan sólo significaba incluir una palanca en la máquina para que la gente pudiera detener la producción si ésta era anómala. Para Shimizu, pese a las diferencias evidentes del sistema de Toyota con las plantas en Kalmar y Uddevalla de Volvo, podría sin embargo afirmarse que Toyota estaría buscando la estela de estas experiencias, pretendiendo avanzar en la humanización del trabajo, sin perder de vista, claro está, el continuar produciendo eficientemente. También para Grønning (1995) podría hablarse de un nuevo toyotismo, caracterizándose éste por los siguientes rasgos: el sistema de desarrollo de producto y de producción estaría dispersos internacionalmente, en contraste a la concentración

existente dentro de Japón; amplio rango de producto; una fuerza de trabajo heterogénea (incluyendo trabajadoras, así como trabajadores masculinos de más edad) en vez de una fuerza de trabajo exclusiva y homogénea (formada únicamente por jóvenes trabajadores masculinos); y las instituciones de gestión del personal serían diseñadas para fortalecer la creatividad de los individuos y fortalecer las habilidades para poder funcionar dentro de un contexto de trabajo de grupo.

Pasos para implementación:

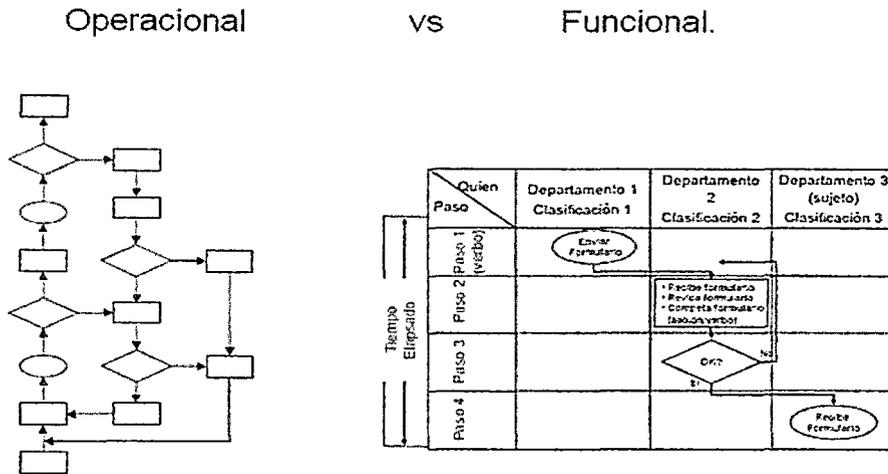
3.5.1. MAPEO DE PROCESOS

PASOS PARA ELABORAR UN MAPA DEL PROCESO

- 1) Definir el proceso a mejorar
- 2) Limitar el proceso (fronteras)
- 3) Listar Salidas y Clientes
- 4) Listar Entradas y Proveedores
- 5) Identificar los CTQ's y las X's
- 6) Escribir todos los pasos del proceso (se puede usar lluvia de ideas)
- 7) Definir el nivel de detalle
- 8) Si se uso lluvia de ideas, agrupar por áreas importantes
- 9) Unir los procesos con flechas
- 10) Usar símbolos
- 11) Validar Mapa mediante un recorrido paso a paso
- 12) Analizar el Mapa

Lo que debe priorizarse es la trazabilidad en las etapas del proceso, sin límites funcionales o de áreas, el detalle en las etapas es de suma importancia para facilitar identificar las oportunidades de mejora.

Grafico 3.18 mapeo Operacional vs Funcional.



Fuente: elaboración propia

3.5.2. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA

La Fábrica Oculta

- Podemos definir la fábrica oculta como el conjunto de todas las operaciones que no agregan valor al producto final (pero sí agregan costo)
- Pueden no ser percibidas por el cliente.
 - Inspecciones, transporte, esperas, stocks, etc.
 - Retrabajos o Scrap

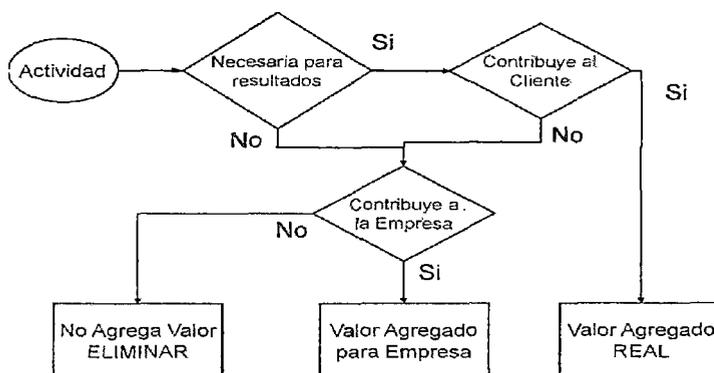
Una vez que se tenga el Mapa de Procesos, se debe analizar el mismo para encontrar áreas de mejora. Alguno de los métodos que veremos son:

- A. Método del valor agregado
- B. Identificar los Ré's
- C. Método del valor agregado del tiempo

A. Método del valor agregado.

Identificar procesos actividades y/o tareas que no agregan valor, el criterio de selección es el cliente, si un actividad no ayuda a cumplir con su requerimiento entonces no agrega valor, como segundo criterio es hacia dentro de la empresa, si un proceso actividad y/o tarea no ayuda a la eficiencia efectividad y productividad entonces no agrega valor, por tanto todo aquello que no agrega valor debe desecharse.

Grafico 3.19 Criterio de valor agregado.



Fuente: elaboración propia

B. Identificar los Re's

Los Rs son los cuellos de botella que conviven con el proceso en todas sus etapas, y su identificación es obvia en un 80% , estos desperdicios de tiempo y recursos consumen gran parte del tiempo efectivo del proceso, entre ellas tenemos.

Rediseñar	Repetir	Reembarcar	Reescribir
Regresar	Reeditar	Revisar	Reexpedir
Reevaluar	Rehacer	Retirar	Reinspeccionar
Reentrenar	Rechazar	Retrabajar	Reverificar

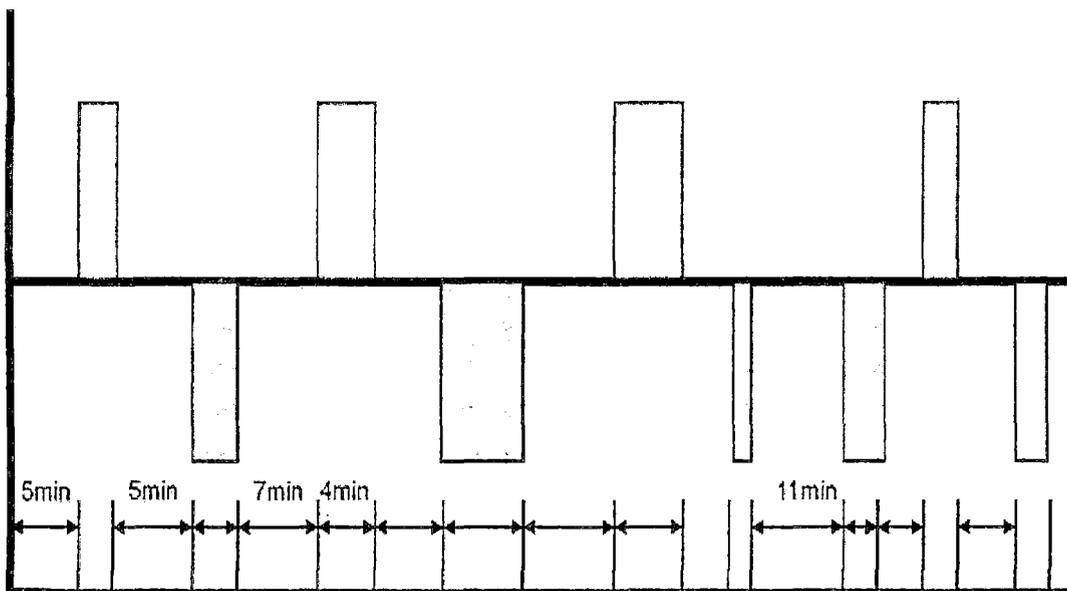
C. Método del valor agregado del tiempo.

En la práctica el 80% del tiempo de proceso no agrega valor, ejemplos:

- Tiempo de toma de decisiones.
- Tiempo en operaciones.
- Tiempo en inspección.
- Tiempo en demoras.
- Tiempo en almacenajes.
- Tiempo en transporte.
- Tiempo en transmisión de datos.

El análisis tiene como objetivo identificar en que etapa del proceso se ubican, analizar, medir y diseñar un plan para su eliminación y/o disminución.

Grafico 3.20 Criterio de valor agregado



Fuente: elaboración propia

3.6. PROCESO DE FUNDICION

3.6.1. FUNDICION

La fundición es el proceso de producción de un objeto metal por vaciado de un metal fundido dentro de un molde y que luego es enfriado y solidificado. Desde tiempos antiguos el hombre ha producido objetos de metal fundido para propósitos artísticos o prácticos. Con el crecimiento de la sociedad industrial, la necesidad de fundición de metales ha sido muy importante. El metal fundido es un componente importante de la mayoría de maquinarias modernas, vehículos de transporte, utensilios de cocina, materiales de construcción, y objetos artísticos y de entretenimiento. También está presente en otras aplicaciones industriales tales como herramientas de trabajo, maquinarias de manufactura, equipos de transporte, materiales eléctricos y electrónicas, objetos de aviación, etc. La mejor razón de su uso es que puede ser producida económicamente en cualquier forma y tamaño.

LOS HORNOS PARA FUSION DE METALES:

Pueden clasificarse convenientemente en cuatro grupos principales, según el grado de contacto que tenga lugar entre la carga y combustible o sus productos de combustibles.

- 1) Hornos en los cuales la carga se encuentra en contacto íntimo con el combustible y los productos de combustión. El horno más importante en este grupo es el de cubilote.
- 2) Hornos en los que la carga está aislada del combustible pero en contacto con los productos de la combustión. Este tipo de hornos es el horno hogar abierto para la fabricación de acero.
- 3) Hornos en que la carga se encuentra aislada tanto del combustible como de los productos de la combustión. El principal es el horno que se emplea un crisol que puede calentarse ya sea por coque, gas o petróleo.
- 4) Hornos eléctricos. Pueden ser de tipo de acero o de inducción.

TIPOS DE HORNOS USADOS EN FUNDICION:

- 1) El cubilote de fundición.
- 2) Los hornos de reversos.
- 3) Hornos rotatorios.
- 4) Hornos de crisol.
- 5) Hornos de crisol de tipo sosa.
- 6) Hornos basculantes.
- 7) Hornos de aire.
- 8) Hornos eléctricos. Pueden ser de acero o de inducción.

PUNTO DE FUSION APROX. DE LOS METALES:

Los metales se funden a diferentes temperaturas. La tabla siguiente muestra los puntos de fusión de los metales más comunes:

Cuadro 3.3. Tabla de punto de fusión

METALES	PUNTO DE FUSION
Estaño	240°C (450°F)
Plomo	340°C (650°F)
Cinc	420°C (787°F)
Aluminio	620°-650°C (1150°-1200°F)
Bronce	880°-920°C (1620°-1680°F)
Latón	930°-980°C (1700°-1800°F)
Plata	960°C (1760°F)
Cobre	1050°C (1980°F)
Hierro fundido	1220°C (2250°F)
Metal monel	1340°C (2450°F)

Acero de alto carbono	1370°C (2500°F)
Acero medio para carbono	1430°C (2600°F)
Acero inoxidable	1430°C (2600°F)
Níquel	1450°C (2640°F)
Acero de bajo carbono	1510°C (2750°F)
Hierro forjado	1593°C (2900°F)
Tungsteno	3396°C (6170°F)

Fuente: Ingeniería Metalúrgica II.

EQUIPOS DE MOLDEO

Bajo el nombre de equipos de moldeo se designan a todos los tipos de herramientas y medios que dispone el taller de moldeo, fundición o fábrica para realizar diferentes trabajos.

- pisones o atacadores
- pisones neumáticos.
- cribas atomices
- pulverizadores
- fuelle de mano
- estuches para herramientas.

VACIADOS DE LINGOTES

Cuando debe producirse un metal en forma forjado, primero se vacía como un lingote de forma y tamaño adecuados para su proceso en la planta de que se disponga. Aun cuando el acero se vacía en lingotes de sección aproximadamente cuadrada las aleaciones no ferrosas frecuentemente se vacían como placas planas, que se lamina para formar cinta o laminas,

barras para la producción de alambre, y billets cilindros para extruir secciones.

VACIADO DE LINGOTES DE ACERO:

Cuando la carga de un horno productor esta lista se vacía en una cuchara llenadora (cayana) que ha sido llevada a la plataforma de llenado por medio de una grúa viajera eléctrica (grúa puente). la cuchara (cayana) es un recipiente de acero cubierto con refractario y equipada con un muñón en cada lado, que sirven para levantarla con el objeto de que la escoria que flota en la superficie del acero fundido no entre a los lingotes, la carga vacía por el fondo de la cuchara.

Cuando ha sido vertido el acero fundido en la cuchara puede dosificarse con ferromagnesio, ferrosilicio o aluminio(polvo químico), entonces se le permite reposar por un tiempo para que la escoria y otros materiales no metálicos floten en la superficie, después de lo cual es vaciado a moldes para lingotes.

3.7. NORMA TÉCNICA DE CALIDAD: ASTM 377

Creada en 1898, ASTM International es una de las mayores organizaciones en el mundo que desarrollan normas voluntarias por consenso. ASTM es una organización sin ánimo de lucro, que brinda un foro para el desarrollo y publicación de normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios. Los miembros de ASTM, que representan a productores, usuarios, consumidores, el gobierno y el mundo académico de más de 100 países, desarrollan documentos técnicos que son la base para la fabricación, gestión y adquisición, y para la elaboración de códigos y regulaciones.

Las normas ASTM son "voluntarias" en el sentido de que ASTM no exige observarlas. Sin embargo, son un marco de referencia para las entidades privadas, y se transforman en un requisito indispensable para los clientes en temas de aleaciones. Para nuestro caso la aplicación de la norma AST es

requerimiento interno de producción y cumple con los estándares exigidos por nuestros clientes corporativos.

ASTM no verifica que los productos se someten a prueba de acuerdo con una norma. Sin embargo, muchos fabricantes desean indicar que un producto ha sido sometido a prueba de acuerdo con una norma ASTM, colocando esa información en la etiqueta o empaque del producto.

Cuadro 3.4. Composición Química norma ASTM 377.

De acuerdo a norma ASTM C37700.

Composición química :

LATÓN DE FORJA

Cobre (Cu)	Plomo (Pb)	Hierro (Fe)	Otros conjuntamente	Zinc (Zn)
58,0 - 61,0 %	1,5 - 2,5 %	0,30 % (max)	0,50 % (max)	Rest

Fuente: NORMA ASTM C37700

Este grafico muestra el % de mezcla de los insumos para lograr una aleación con norma ASTM C 37700 utilizada para nuestro caso de estudio, es ideal para los productos elaborados en base a cobre , sus propiedades de esta aleación permite la dureza flexibilidad y garantía para los productos comercializados en la industria de la construcción y acabados sanitarios.

CAPITULO IV

PROPUESTA DE MEJORA.

Listada las causas el diseño de soluciones se enfoca a la eliminación y la prevención, para que las causas que originan la no eficiencia del proceso de fundición jamás vuelvan a ocurrir. Para tal fin utilizamos el enfoque PDCA, esto quiere decir que la solución diseñada debe estar conformada por actividades de:

- Planeamiento: contar con un cronograma de trabajo definido, abarcando todas las etapas de la estrategia de solución, con responsables, periodos, y mecanismos de medición del avance.
- Ejecución; actividades de realización de los planeado y mecanismos de control del avance % de cumplimiento del cronograma planeado.
- Verificación; monitoreo de validar si lo que se a planeado se esta ejecutando.
- Aseguramiento; Aquí hay 2 tipos de actividades, si la ejecución de lo planeado está generando resultados positivos, implantamos actividades de aseguramiento que garanticen que ese resultado perdure en el tiempo, de tener resultados negativos implantar actividades correctivas, esto genera una retroalimentación positiva a lo largo de todo el periodo de implantación.

Para garantizar que las causas sean eliminadas y generar un mecanismo para eliminar la causa y generar mecanismos de prevención para que no vuelva a aparecer las causas se debe cumplir con la estructura de diseño con el enfoque PDCA, sol o de esta manera se genera un ciclo de mejora

continúa .el resultado de aplicar estas buenas prácticas impacta en el indicadores a mejorar.

Todas las causas tienen que tener una solución diseñada, un periodo de ejecución, un control de % de avance, y un % de cumplimiento por cada actividad, todo controlado con un % promedio de cumplimiento.

Pasos para determinar las soluciones.

- Inicialmente listamos un conjunto de soluciones, utilizando el enfoque PDCA, cubriendo todas las causas raíces, utilizando el conocimiento experimental, quien mejor para dar solución si no el que convive día a día con el problema y la causa. Listar las posibles soluciones.
- Seleccionar las soluciones más factibles y de mayor potencial.
- Programar las actividades de cada solución.
- Cronograma de soluciones.

4.1. CUANTIFICACIÓN DE LAS SOLUCIONES

El primer paso es saber cuánto es posible mejorar, para ello ponderamos las causas raíces, en función a la frecuencia y el impacto que multiplicados tenemos el índice de criticidad con esto garantizamos la priorización en la solución de las causas, seguidamente se debe definir cuáles de las causas serán solucionadas, debido a que no todas serán factibles de solución ya sea por su complejidad, tecnología y por el periodo de tiempo disponible, finalmente agrupamos las causas en los factores que influyen en el proceso de fundición, todo se resume en la cuadro 4.1 siguiente: la cual arroja que podemos mejorar del 100% solo podemos mejorar en un 77.83%.

4.2. DISEÑO DE PROPUESTAS DE MEJORA

La propuesta de mejora se enfocan en elevar el indicador de eficiencia por colada del proceso de fundición, para ello diseñamos soluciones para eliminar cada una de las causas, utilizando herramientas para el despliegue operacional, donde se tiene una descripción detallada de las actividades a realizar, periodos responsables y % de avance cuadro 4.2 propuesta de mejora .

Cuadro 4.1 Cuantificación de la oportunidad de mejora.

LISTADO DE CAUSAS	6M						CAUSA A SER	VALOR
	HOMBRE	METODO	EQUIPO	MATERIAL	MEDIO	MEDICION	ATACADA (SI/NO)	CRITICIDAD
Falta de control en la selección de chatarra.		X					SI	81
Se utiliza chatarra de reproceso con alta presencia de impurezas: grasas, tierra, plástico, fibra de vidrio, esmaltes.				X			SI	81
La viruta contiene metanol y aceites que evaporan				X			SI	81
La chatarra de proveedores contiene impurezas(tierra, clavos, metales, etc.)				X			SI	9
Falta personal a horas de refrigerio,(producción continua)		X					SI	81
La baja de temperatura en el vaciado genera rechupes.		X					SI	81
Demora del laboratorio en aprobar la colada produce enfriamiento	X						SI	81
Oxidación de material por alta temperatura y mayor tiempo de calentamiento		X					SI	81
Inadecuado tamaño de tochos, todo el volumen del horno no cabe en la actual medida.			X				SI	81
Falta control de temperatura y tiempo de fusión		X					SI	81
Existe diferente criterio en la selección de la chatarra		X					SI	27
Ocurre enfriamiento de la colada por demora en el vaciado		X					SI	27
Enfriamiento de la colada por demora de grúa puente.			X				SI	27
Ocurre derrames por colada		X					SI	27
Inadecuado diseño de los tochos			X				SI	27
Falta de procedimiento para proceso de fundición.		X					SI	27
Falta de herramientas para la operación del horno.			X				SI	9
Falta de mantenimiento al pirómetro			X				SI	9
Perdida de viruta por calentamiento de horno con soplete		X					SI	27
Mayor frecuencia en la limpieza de tochos		X					SI	81
Falta capacitación en técnicas de fundición y métodos de trabajo	X						SI	27
Desconocimiento del personal en temas de calidad	X						SI	27
Diferente método de trabajo entre cada maestro hornero		X					SI	81
La producción esta enfocada en metas, mas no en calidad		X					SI	27
Falta procedimiento para la selección de chatarra.		X					SI	27
No existe procedimiento de medición de variables criticas						X	SI	81
Alta temperatura en el ambiente de trabajo					X		NO	27
El área de trabajo, existe contaminación del aire con metales					X		NO	27
Pocos proveedores de chatarra				X			NO	27

CÁLCULO DE LA META DEL ESTRATO							
% DEL ESTRATO	85,61%						
PESO DE CADA M (ESTIMADO)	10,0%	50,0%	10,0%	20,0%	5,0%	5,0%	
% PONDERADO FACTIBLE	100,0%	100,0%	86,4%	86,4%	0,0%	100,0%	
% A MEJORAR POR M	8,6%	42,8%	7,4%	14,8%	0,0%	4,3%	
% A MEJORAR DEL ESTRATO	77,83%						

Cuadro 4.2. Propuesta de Mejora.

DISEÑO DE SOLUCIONES												
ACTIVIDADES DE SOLUCION	MES	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	RESPONSABLE	AVAN CE	% CUMPLIMIENTO	
P1). ELABORACION DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL ANALISIS Y SELECCION DE CHATARRA: Crear el proceso de control, análisis y selección de chatarra, con personal asignado y capacitado, con instrumentación adecuada y con autonomía para la decisión de aceptar o rechazar la compra y/o uso de la chatarra. Realizar un análisis económico para 3 escenarios: primer escenario la solución plateada, segundo: no comprar a proveedores y usar chatarra de retorno, tercero no hacer nada (perdida actual) evaluar el análisis con gerencia.	P	■	■	■	■				GERENTE FINANCIERO/SUPERVISOR DE PRODUCCION			
	R											
P2). REVISION Y ACTUALIZACION DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TODAS LAS ACTIVIDADES DE FUNDICION: Capacitación, publicación y evaluación.	P	■	■	■	■	■	■	■	GERENTE DE PRODUCCION			
	R											
P.2.1. EVALUACION Y CAPACITACION DEL PERSONAL EN COMPETENCIAS BASICAS Y TECNICAS (nivel I): Básicas las que el operario trajo consigo a la empresa y técnicas las que debería tener para el buen funcionamiento en su trabajo.	P	■	■	■	■		■	■	GERENTE DE PRODUCCION			
	R											
P.2.2. ESTUDIO DE LA ACTUAL CARGA DE TRABAJO: P1.3. Para establecer la falta o no de personal asignado al área de fundición ya que se identificó falta de personal en los talleres de CAUSA RAIZ.	P		■	■	■	■			SUPERVISOR DE PRODUCCION			
	R											
P.2.3. ESTABLECER CRITERIOS DE PRIORIDAD EN USO DE LA GRUA PUENTA Y BALANZA ELECTRONICA: Priorizar el uso de grúa y balanza para el proceso de vaciado de la colada, hoy existe la espera del vaciado por estar ocupada por proveedores, esto ocasiona merma por mayor tiempo de cocción.	P	■	■						FINANCIERO/P RODUCCION			
	R											

DISEÑO DE SOLUCIONES											
ACTIVIDADES DE SOLUCION	MES	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	RESPON	AVANCE	% CUMPLIMIENTO
P3). REVISION DEL SISTEMA DE MEDICION DE VARIABLES CRITICAS DE PROCESO. Todos los puestos de trabajo deben reportar la medición de variables críticas. (Temperatura colada, temperatura de vaciado, tiempo de fundición, tiempo de vaciado, etc.) para la medición continua del proceso y su mejora.	P	■	■	■	■	■	■	■	GERENTE DE CALIDAD		
	R										
P4). REDUCCION DEL TIEMPO DE FUNDICION: Reformulación de la mezcla de fundición y diseño de método de carga que permita obtener aprobación de la colada a la primera prueba. Establecer un método de carga solo con reproceso, y otras solo con reproceso de proveedores esta última con nueva fórmula, esto permitirá al año tener un MES ADICIONAL DE PRODUCCION,	P		■	■	■	■	■	■	SUPERVISOR DE PRODUCCION		
	R										
P5). ESTABLECIMIENTO DE LA PRODUCCION CONTINUA 24 HORAS: Esto permitirá la reducción de la merma por cambios bruscos de temperatura.	P			■	■	■	■	■	GERENTE DE PRODUCCION		
	R										
P6). REVISION DE INCENTIVOS: Por mejoras en la calidad del proceso (menos mermas, menos reproceso, cumplimiento de estándares técnicos), en contraste con el actual sistema basado solo en la cantidad de productos. El objetivo es calidad y cantidad	P		■	■					GERENTE DE PRODUCCION		
	R										
P7).REVISAR PROCEDIMIENTO DE ANALISIS QUIMICO: Tanto en el monitoreo y reporte de los % de metales según norma técnica y control del tiempo de análisis, reducción del tiempo de análisis de 30 minutos (actual) a 5 minutos (mejora).	P	■	■	■	■	■	■	■	GERENTE DE CALIDAD		
	R										
P8). REVISION DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO: A todos los equipos de medición, control y operación, orientado a un mantenimiento preventivo en mayor medida que el correctivo, con frecuencia y calidad adecuada.	P	■	■	■	■	■	■	■	GERENTE DE PRODUCCION		
	R										
% DE CUMPLIMIENTO											

4.3. IMPACTO DE LAS SOLUCIONES EN LAS CAUSAS

Para garantizar que el diseño de soluciones Impacte en la eliminación de las causas, se realiza una matriz de seguimiento para comprobar el efecto de los proyectos en cada una de las causas.

Cuadro 4.3. Matriz impacto de soluciones.

		PROYECTOS DE SOLUCION										TOTAL	RANKING	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10			
		1). ELABORAR PROCEDIMIENTO DE CONTROL, ANALISIS Y SELECCION DE CHATARRA	2). REVISION Y ACTUALIZACION DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TODAS LAS ACTIVIDADES DE FUNDICION	2.1. CAPACITAR Y EVALUAR PERSONAL EN COMPETENCIAS BASICAS Y TECNICAS	2.2. ESTUDIO DE CARGA DE TRABAJO :	2.3. PRIORIZAR USO GRUA PUENTE Y BALANZA ELECTRONICA	3). REVISION DE SIST. DE MEDICION VARIABLES CRITICAS PROCESO.	4). REDUCCION DEL TIEMPO DE FUNDICION	5). ESTABLECER PRODUCCION CONTINUA 24 HORAS	6). REVISION DE INCENTIVOS	7). REVISION PROCEDIMIENTO DE ANALISIS QUIMICO	8). REVISION DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO		
Nº	CAUSAS IDENTIFICADAS													
1	FALTA DE CONTROL EN LA SELECCIÓN DE CHATARRA.	9	3										12	6
2	SE UTILIZA CHATARRA DE REPROCESO CON ALTA PRESENCIA DE IMPUREZAS: GRASAS, TIERRA, PLASTICO, FIBRA DE VIDRIO, ESMALTES.	9	3										12	6
3	LA VIRUTA DE EMENSA CONTIENE METANOL Y ACEITES QUE EVAPORAN	9	3										12	6
4	LA CHATARRA DE PROVEEDORES CONTIENE IMPUREZAS(TIERRA, CLAVOS, METALES, ETC)	9	3										12	6
5	FALTA PERSONAL A HORAS DE REFRIGERIO.			9							3		12	6
6	LA BAJA DE TEMPERTURA EN EL VACIADO GENERA RECHUPES.		3				9	9	9				30	1
7	DEMORA DEL LABORATORIO EN APROBAR LA COLADA PRODUCE ENFRIAMIENTO										9		9	7
8	OXIDACION DE MATERIAL POR ALTA TEMPERATURA Y MAYOR TIEMPO DE CALENTAMIENTO	3	3				9	9	3				27	2
9	INADECUADO TAMAÑO DE TOCHOS, TODO EL VOLUMEN DEL HORNO NO CABE EN LA ACTUAL MEDIDA.												0	
10	FALTA CONTROL DE TEMPERATURA Y TIEMPO DE FUSION		9				9						18	3
11	EXISTE DIFERENTE CRITERIO EN LA SELECCIÓN DE LA CHATARRA	9	3										12	5
12	OCURRE ENFRIAMIENTO DE LA COLADA POR DEMORA EN EL VACIADO		3	3	9	9	3						27	2
13	ENFRIAMIENTO DE LA COLADA POR DEMORA DE GRUA PUENTE.		3	3	9	3	3	9					30	1
20	MAYOR FRECUENCIA EN LA LIMPIEZA DE TOCHOS			3							9		12	6
21	FALTA CAPACITACION EN TECNICAS DE FUNDICION Y METODOS DE TRABAJO	1	9				3						13	5
22	DESCONOCIMIENTO DEL PERSONAL EN TEMAS DE CALIDAD		9										9	7
23	DIFERENTE METODO DE TRABAJO ENTRE CADA MAESTRO HORNERO		3								3		6	8
24	LA PRODUCCION ESTA ENFOCADA EN METAS, MAS NO EN CALIDAD	3	3								9		15	4
25	FALTA PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE CHATARRA.	9											9	7
26	NO EXISTE PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE VARIABLES CRITICAS		9				9						18	3
27	ALTA TEMPERATURA EN EL AMBIENTE DE TRABAJO												0	
28	EL AREA DE TRABAJO, EXISTE CONTAMINACION DEL AIRE CON METALES		3										3	9
29	PROVEEDORES DE CHATARRA												0	

el criterio de evaluar el impacto es:

Impacto alto: 9, Impacto medio: 3 , Impacto bajo o nulo: 1.

El análisis muestra que todas las soluciones impactan en la eliminación de las causas esto nos permitirá mover el indicador principal y los relacionados, tener claro lo que se debe hacer, y tener la confianza que el camino trazado es el correcto.

4.4. DETALLE DEL PLAN DE IMPLANTACION DE SOLUCIONES

Teniendo la seguridad de la eficacia del diseño de soluciones, desplegamos el detalle de las actividades de solución, definiendo el : ¿Qué?¿Cómo? ¿Cuándo? ¿Quién?, además de tener un cronograma establecido con responsables, un control de los avances (Realizado), midiendo con respecto a los planificado (P), y como marco conceptual de mejora el PDCA, que especifica que toda solución debe contener actividades de P planeamiento, D ejecución, C verificación de resultados, A actividades de aseguramiento de los resultados positivos, o actividades correctivas frente a resultados negativos, el cronograma contempla seguimiento de los realizado con respecto a lo planeado, en cada actividad cuyo control se realiza con el % de avance y % de cumplimiento , el % de avance monitorea las actividades realizadas vs lo planificado, el % de cumplimiento mide la diferencias entre ambos, esto permite tener un monitoreo sobre el total de actividades, el ciclo PDCA presente en el diseño de las soluciones, garantiza que todos los aspectos de gestión del proyecto se cubran para obtener una mayor efectividad, tener las medidas correctivas ante un avance lento y con errores, o el asegurar que ante un avance optimo y sin errores se mantenga las buenas prácticas en el tiempo.

Luego de estar seguro que todas las causas están cubiertas con una solución diseñada, pasamos a desplegar la solución en detalle, conservando siempre la misma estructura PDCA.Los proyectos diseñados como soluciones son:

Cuadro4.4. Detalle del plan de soluciones.

1. ELABORACION DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL ANALISIS Y SELECCIÓN DE CHATARRA									
ACTIVIDADES DE SOLUCION	MES	AGO	SET	OCT	NOV	RESPONSABLE	AVANCE	% CUMPLIMIENTO	
P Elaboración y reunión con encargados de materia prima para definir el procedimiento de selección de chatarra	P		■			JF	100%	100%	
	R						100%		
P Definir la distribución máxima por colada de material contaminado para evitar un % merma mayor al estándar	P		■			JF/JP	100%	100%	
	R						100%		
P Coordinar con calidad el descuento correspondiente que debe afectarse al proveedor cuando traiga material contaminado	P		■			JC	100%	100%	
	R						100%		
P Coordinar con rrhh la contratación de personal adicional para selección de chatarra	P		■			JP	100%	100%	
	R						100%		
D Inducción al nuevo personal para la selección y asignación de chatarra por colada	P		■			JF	100%	100%	
	R						100%		
D Elaborar el registro para el análisis de la información sobre cargas entregadas y su relación a la merma obtenida	P		■			JC	100%	100%	
	R						100%		
P Recopilación de data para el análisis de la información sobre cargas entregadas y su relación a la merma obtenida.	P			■		JF	100%	100%	
	R						100%		
C Análisis y desarrollo de la información recopilada. Cuantificación económica de los resultados obtenidos.	P			■		JP	100%	100%	
	R						100%		
C En base a los resultados obtenidos se plantearía ante la gerencia un bono mensual por alcanzar la eficiencia esperada en función de un factor a definir que será fácilmente medible.	P			■		JP	100%	100%	
	R						100%		
C Presentación de los resultados obtenidos.	P			■		JC	100%	100%	
	R						100%		
A Incorporación y formalización de l nuevo procedimiento a los procedimiento del área	P			■		JF	100%	100%	
	R						100%		
A Incorporación del indicador del proyecto al control del área.	P			■		JC	100%	100%	
	R						100%		
% DE CUMPLIMIENTO								100%	

2. ESTABLECER PROCEDIMIENTOS DE TODAS LAS ACTIVIDADES DE FUNDICION - EVALUACION y CAPACITACION EN TÉCNICAS DE FUNDICION

ACTIVIDADES DE SOLUCION	Mes	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANCE	% CUMPLIMIENTO
1.- Revisión de métodos y procedimientos de trabajo de todas las actividades de fundición y establecer forma de trabajo estándar.	P						100%	100%
	R						100%	
2.- Establecer mediante reunión con personal de almacén y fundición la prioridad de uso grúa puente.	P						100%	100%
	R						100%	
3.- Revisión y calibración de balanzas de fundición y establecimiento de cronograma de mantenimiento.	P						100%	100%
	R						100%	
4.- Discusión, elaboración, publicación y difusión de los procedimientos de trabajo establecidos y comunicados enviados a nuestros clientes y publicados en planta sobre el horario de recepción de materia prima. Inducción al personal de fundición sobre los nuevos procedimientos de trabajo.	P						100%	100%
	R						100%	
5.- Seguimiento y control de los procedimientos adoptados.	P						100%	100%
	R						100%	
% DE CUMPLIMIENTO								100%

3. REVISION DEL SISTEMA DE MEDICION DE VARIABLES CRITICAS DE PROCESO

ACTIVIDAD	MES	AGO	SEP	OCT	RESPON	AVANC	%CUMPLIMIENTO
1) Reunión con trabajadores de área de fundición para en conjunto definir los parámetros a controlar, forma y método de trabajo para cada actividad.	P	■				100%	100%
	R					100%	
2) Elaboración de registros para los controles correspondientes.	P		■			100%	100%
	R					100%	
3) Elaboración de procedimientos, instructivos para las actividades concernientes a l proceso de fundición.	P		■			100%	100%
	R					100%	
4) Difusión de los procedimientos e instructivos realizados, cambios y/o modificaciones, luego de difusión.	P		■			100%	100%
	R					100%	
5) Asignación de responsabilidades al personal de producción respecto a todo lo elaborado.	P		■			100%	100%
	R					100%	
6) Control y procesamiento de datos de los reportes de producción.	P		■			100%	100%
	R					100%	
7) Auditorias de seguimiento de todas los procesos, definidos puntos arriba.	P		■			100%	100%
	R					100%	

5. REFORMULACION DE LA MEZCLA DE FUNDICION y DISEÑO DE METODO DE CARGA QUE PERMITA OBTENER APROBACION DE LA COLADA A LA PRIMERA PRUEBA

ACTIVIDAD	MES	AGO	SET	OCT	NOV	RESPON	AVANCE	%CUMPLIMIENTO
1.- Confección de cargas variables de acuerdo al tipo de material disponible para cada una de las aleaciones que se fabrican, estableciéndose su momento de fusión (primera, segunda o tercera colada).	P	█					100%	100%
	R						100%	
2.- Implementación de las herramientas y accesorios necesarios para sacar rápidamente una muestra representativa de la colada que se está preparando para un análisis químico en un tiempo menor a 10 minutos.	P	█					100%	100%
	R						100%	
3.- Implementación de un procedimiento de alerta inmediata al inspector de calidad encargado del análisis químico por parte del personal de fundición, quien entregara la muestra representativa de la colada que se está preparando siendo esta fácilmente trazable.	P		█				100%	100%
	R						100%	
4.- Seguimiento y control de cumplimiento de los puntos arriba propuestos.	P		█				100%	100%
	R						100%	
% DE CUMPLIMIENTO								100%

6. PROYECTO : TRABAJO CONTINUO (24 HRS)								
ACTIVIDAD	MES	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANC	% CUMPLIMIENTO
1.- Reunión con el personal involucrado de fundición, inspector de calidad y almacén de materia prima para acordar la formación de grupos y forma de trabajo.	P	█					100%	100%
	R						100%	
2.- Cubrir los tres puestos de trabajo necesarios para activar los dos turnos rotativos: Dos operarios volantes y un ayudante para almacén.	P	█					100%	100%
	R						100%	
3.- Capacitación del MAESTRO HORNERO en el uso de la máquina de análisis químico.	P	█					100%	100%
	R						100%	
4.- Instalación de Flame rod en los quemadores de los hornos de fundición y calibración de funcionamiento de los equipos de combustión.	P	█	█				100%	100%
	R						100%	
5.- Mantenimiento correctivo mecánico - eléctrico del tecla, puente grúa y sacatacos.	P	█					100%	100%
	R						100%	
6.- Tener en almacén un stock de materia prima mínimo para 8 coladas.	P	█					100%	100%
	R						100%	
7.- Adecuación y entrega de herramientas necesarias para el trabajo realizado en fundición: filtros, removedores, cadenas, etc.	P	█					100%	100%
	R						100%	
8.- Confección de registro de tiempos de parada y sucesos para el trabajo continuo 24 hrs	P	█					100%	100%
	R						100%	
9.- Capacitación en correcto registro de datos en los reportes elaborados.	P	█					100%	100%
	R						100%	
10.- Puesta en marcha del trabajo continuo de fundición las 24 hrs y seguimiento del proceso.	P		█	█	█		100%	100%
	R						100%	
% DE CUMPLIMIENTO								100%

9. REVISION DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO									
ACTIVIDAD	MES	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANC	%CUMPLIMIENTO	
1.- Reunión con los jefes de mantenimiento eléctrico y mecánico para establecer los puntos de mantenimiento correctivo de la maquinaria de fundición y establecer la frecuencia de mantenimiento preventivo, así como definir la forma de trabajo en el llenado de los registros y avisos de cumplimiento de los mantenimientos.	P	█						100%	100%
	R							100%	
2.- Confección de los archivos y registros necesarios para evidenciar los registros de mantenimiento correctivo como preventivo.	P	█						100%	100%
	R							100%	
3.- Publicar y dar a conocer las fechas de mantenimiento preventivo al supervisor de fundición, jefe de planta y gerencia de producción.	P	█						100%	100%
	R							100%	
4.- Seguimiento y control del cumplimiento de las fechas de mantenimiento y llenado de instructivos.	P	█						100%	100%
	R							100%	
% DE CUMPLIMIENTO								100%	

4.5. PLAN GENERAL DE CAPACITACION EN CALIDAD DE GESTION

Para la sensibilización en temas de calidad y productividad en el área de fundición, como primer ciclo de mejora r, se ejecuto un plan de capacitación en función a los objetivos planteados y desplegados a todos los niveles del área.

Grafica 4.5. Plan general de capacitación en calidad y productividad.

Tópico / Curso	Programación mensual												Hrs/ Curso	Objetivos 2011					PUESTOS								Total	Total H-h	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		Satisfacción del cliente	Cultura de Calidad	Productividad	Eficiencia de costos	Mejorar clima laboral	Gerente General	Asistencia de Gerencia	maestro hornero	asistente de maestro hornero	abstecedor	analista químico	supervisor fundicion	supervisor de calidad			
1	Conceptos y evolucion de calidad	x												4	X	X			X	1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
2	Norma ASTM 377		x											4	x	X					1	1	1	1	1	1	1	7	28
3	Trabajo en equipo			x										4	x	X	X		X		1	1	1	1	1	1	1	7	28
4	Taller Vision Mision y politica de calidad			x										4	x	X			X	1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
5	Taller de medicion y validacion de datos				x									4	x	X		X		1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
6	Despliegue de Procedimientos de					x								4	x	X	X			1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
7	Metodologia 5s						x							4	x	X	X	X			1	1	1	1	1	1	1	7	28
8	Metodologia de proyectos de mejora							x						4	x	X	X	X		1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
TOTALES (H-h de capacitación)														244	244	120	92	92	20	32	32	32	32	32	32	32	32	61	244

Fuente: elaboración propia.

CAPITULO V

EVALUACION DE RESULTADOS.

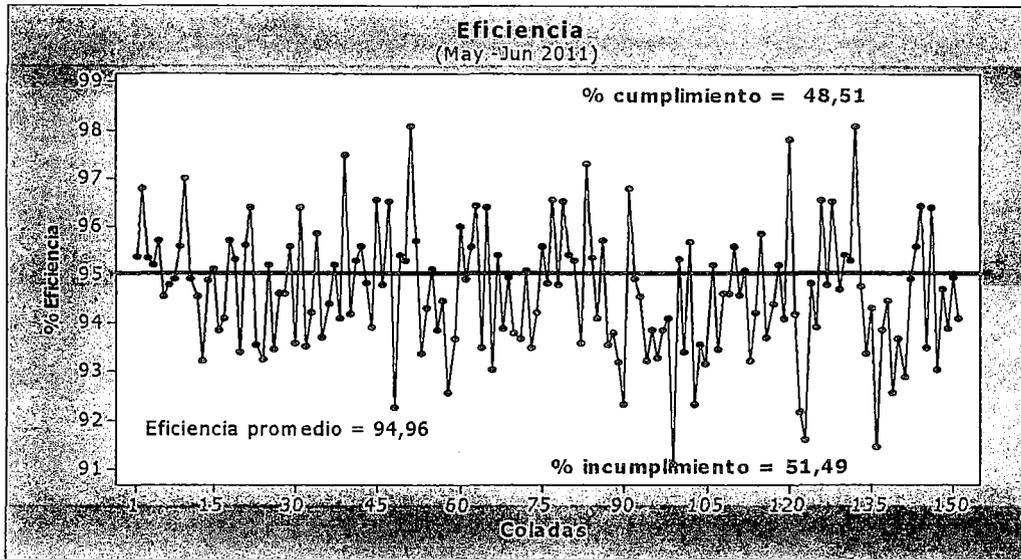
El objetivo de implantar las soluciones fue la mejora del indicador principal: Promedio de eficiencias de las coladas, finalizado el plazo de ejecución y realizadas todas las actividades planificadas, se procedió a analizar los resultados y compararlos con las mediciones iniciales verificando las mejoras en todos los aspectos medidos y ya definidos indicador principal e indicadores relacionados, a si mismo se incluye las mejoras que durante la ejecución aparecieron como mejoras colaterales no previstas. Luego de 4 meses de ejecución, se evaluaron los datos de la medición en ese periodo, los datos fueron obtenidos del sistema de medición de las variables críticas implantadas como solución y evaluadas con ayuda del software Minitab, los resultados confirman la mejora del proceso, estas son:

5.1. MEJORAS EN INDICADORES PRINCIPAL Y RELACIONADOS

a) Mejora del indicador principal (eficiencia promedio de coladas) e indicador relacionado (% de coladas que superan el requerimiento) comparativo de eficiencias inicial y final, el valor inicial fue de eficiencia prom = 93.9 % el valor alcanzado es de eficiencia prom (final)= 94.96 %, se logro el objetivo de incrementar la eficiencia promedio de las coladas, la meta fue obtener como eficiencia promedio del total de coladas un 95% . como Indicador Relacionado se midió el numero de coladas que superaban la eficiencia del 95% sobre el total de coladas en ese periodo, el resultado fue que inicialmente del total de coladas solo el 20% de las coladas

superaba el requerimiento (95%), el resultado final arroja que el 48.51% supera el requerimiento.

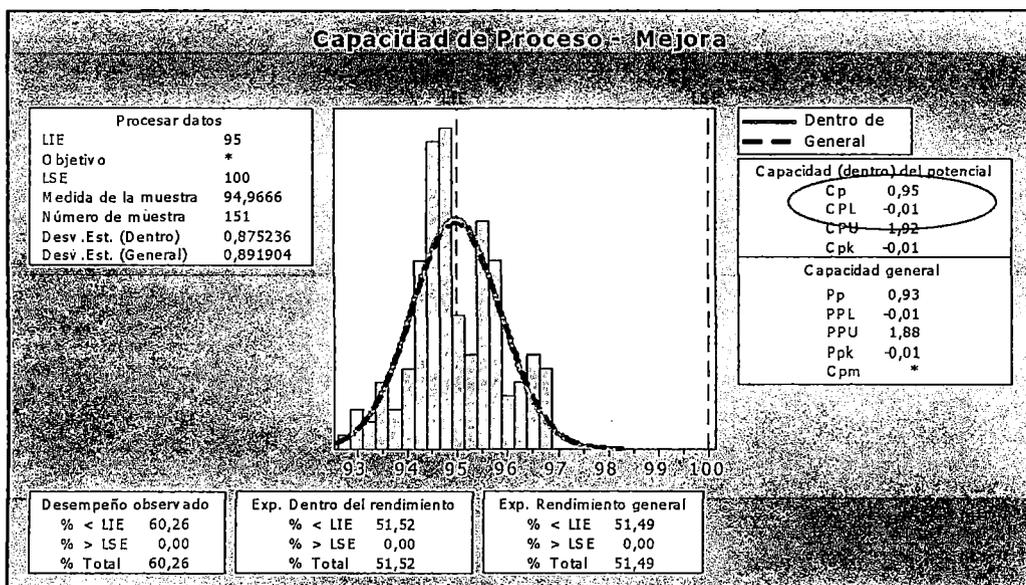
Grafico 5.1: Eficiencia



Fuente: elaboración propia

b) Mejora de la capacidad de proceso: mejora del valor inicial $C_p = 0.77$ al valor final $C_p = 0.93$, esto refleja que el proceso es capaz de cumplir en mayor % las exigencias del cliente, que se disminuyó el % de defectos.

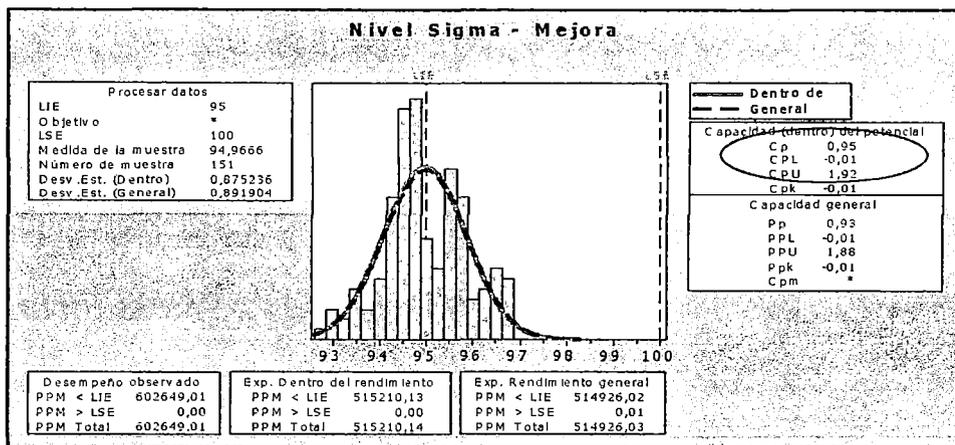
Grafico 5.2. Capacidad de proceso.



Fuente: elaboración propia

c) Mejora del nivel Sigma: el valor inicial fue de $\sigma = 0.85$ a valor final $\sigma = 1.6$ indicando la mejora en el proceso en la reducción de la variación y % de defectos, convirtiéndose en un proceso mas estable y competitivo.

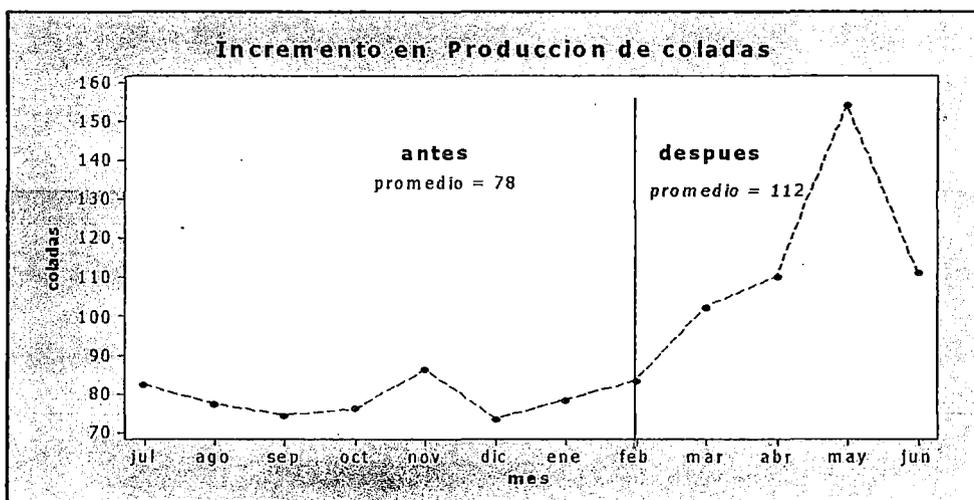
Grafico 5.3. Nivel sigma.



Fuente: elaboración propia.

d) Incremento de la productividad: antes de las mejoras la cantidad promedio de coladas era 78 (mensual), luego de las mejoras implementadas el promedio subió a 112 coladas, llegando a tener 150 coladas (mayo), esto representa que la producción se incremento de 1 a 1,5 en promedio, esto incurre en mayores ingresos para la empresa y máximo uso de los recursos y capacidad instalada.

Grafico 5.4. Incremento de productividad.

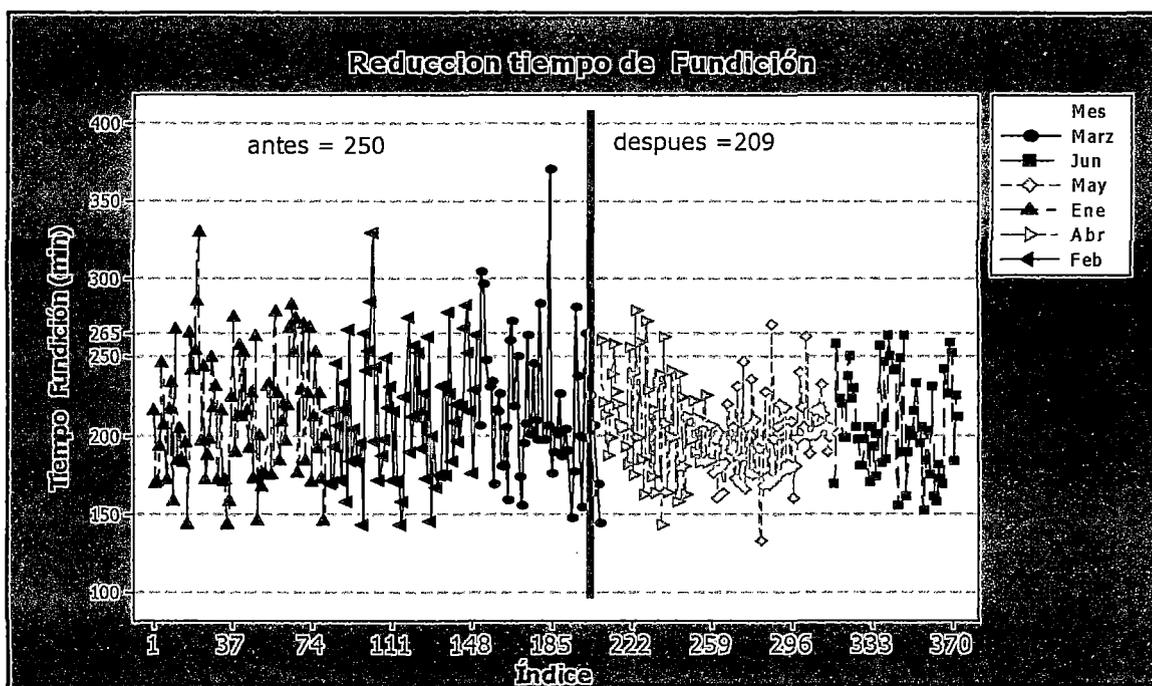


Fuente: elaboración propia.

e) Reducción del tiempo de fundición :

El análisis determino que el tiempo de fundición es una variable crítica para el proceso, siendo Inicialmente en promedio de 250 minutos, el resultado final arroja como promedio 209 minutos, esto permite tener mayor número de coladas por día, y a lo largo incrementa la producción total de 1 a 1,5 impactando en el beneficio de la empresa.

Grafico 5.5. Tiempo de fundición

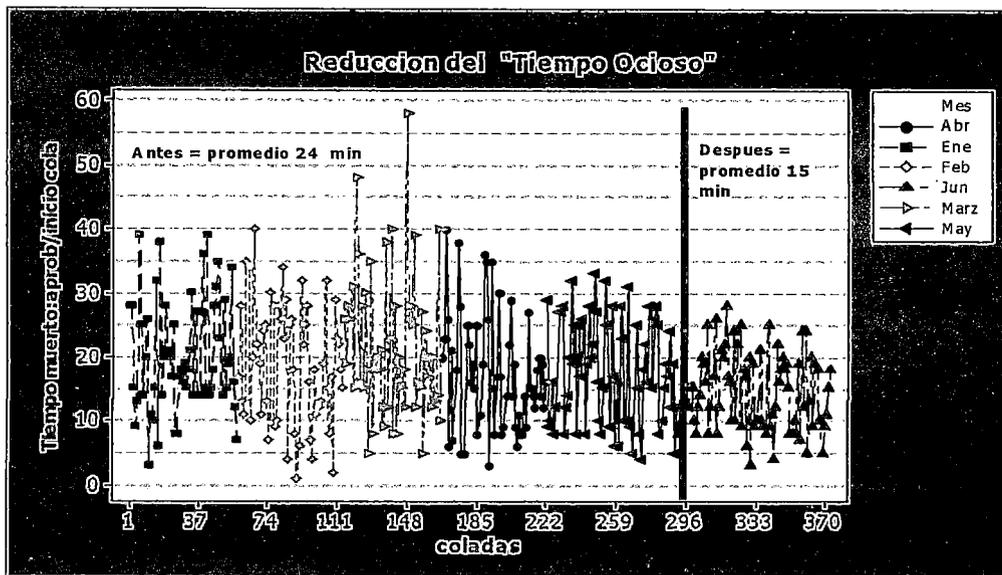


Fuente: elaboración propia.

f) Reducción del "tiempo ocioso":

Consideramos "tiempo ocioso" al tiempo que transcurre desde que es aprobada la colada por laboratorio y se proceda al colado en los moldes (tochos) pero por varios factores se detiene el proceso en esta etapa, ocasionado que la colada se enfríe y/o por mayor tiempo de calentamiento ocurran reacciones como la oxidación de la colada que produce escoria y finalmente merma. La medición inicial fue 24 min promedio, el valor alcanzado fue de 15 min, la meta fue de 0 minutos.

Grafico 5.6. Tiempo ocioso.

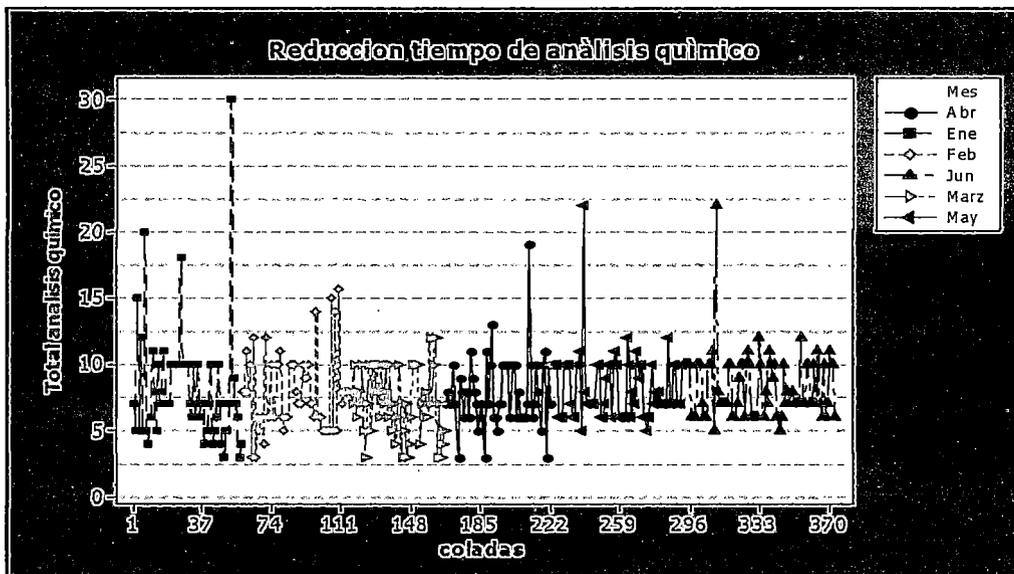


Fuente: elaboración propia.

g) Reducción del tiempo de análisis químico.

Reducción del tiempo de análisis, tiempo inicial 30 minutos, ahora estamos por debajo de los 10 minutos, esto es importante debido a que esto representaba un desperdicio de tiempo para el proceso, el objetivo es reducirlo a 5 minutos.

Grafico 5.7. Tiempo de análisis químico.

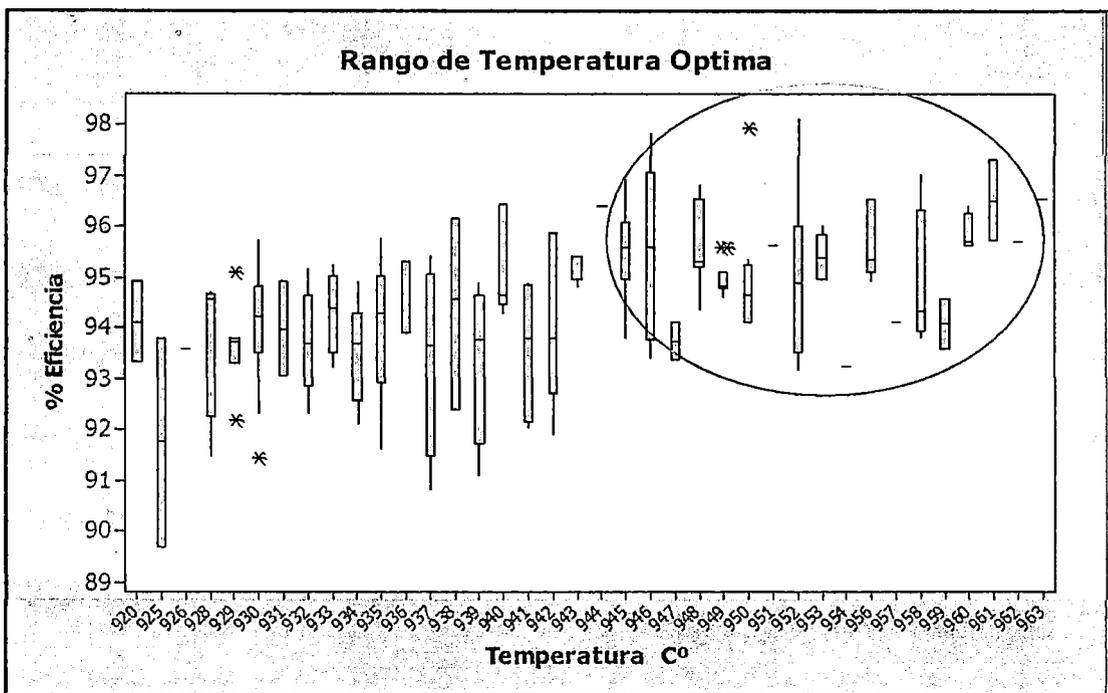


Fuente: elaboración propia.

h) Identificación del rango de temperatura optima.

Se identifico que la temperatura de colado optima varia dentro del rango de [944 a 963] C°, debido al nivel de tecnología actual no es posible tener un control especifico de la temperatura, la tecnología existe en el mercado pero para las condiciones actuales y el análisis beneficio costo no es posible implementarlo, lo que si se puede lograr es controlar que la temperatura no salga de este rango identificado que en promedio tiene mayor eficiencia.

Grafico 5.8. Rango de temperatura optima.



Fuente: elaboración propia.

i) Identificación de Carga optima.

Existen 3 tipos de carga:

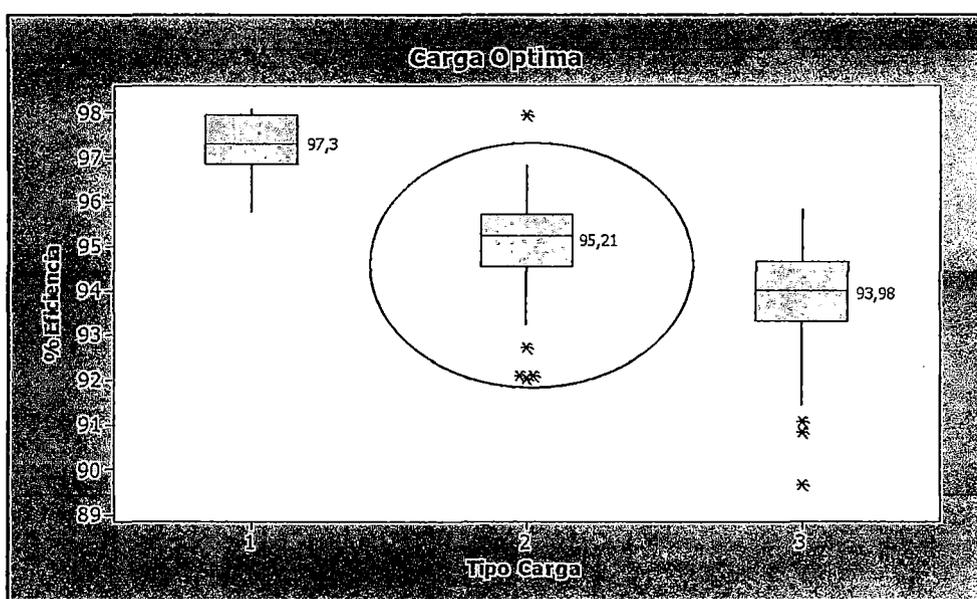
Carga tipo 1: Aquella que contiene chatarra virgen (merma de cobre) con alta pureza de cobre por obtenerse directamente de un metal procesado y libre de impureza, este tipo de chatarra es más costosa que las demás por el alto contenido de cobre.

Carga tipo 2: aquella que contiene chatarra común (proveedores externos) compuesta por diferentes tipos de metales, la categoría nº 2 es porque es sometida a un proceso de selección, para eliminar impurezas que contaminan la colada, lo que se carga aquí es el costo de horas hombre asignada a la selección, pero a través de un estudio de beneficio costo se comprueba que es factible el ahorro es muy superior al gasto de selección.

Carga tipo 3: es aquella chatarra de metales que contiene impurezas tales como arenas plásticos, metales varios con temperatura de fusión mayor a la del cobre permaneciendo en solución luego de la colada, químicos que producen reacciones no deseadas, etc. Esta chatarra tradicionalmente es ingresada al horno de fusión con una selección muy superficial, ocasionando defectos en el producto final, el costo de esta chatarra es menor que las anteriores.

El análisis de datos arroja que la carga de tipo 2 con un proceso de selección previo arroja una eficiencia de 95.21 siendo esta mas factible en costos que la carga tipo 1 y comparada con la tipo 3 el costo beneficio es positiva. Por tanto se recomienda el uso del tipo de carga 2.

Grafico 5.9. Carga optima.

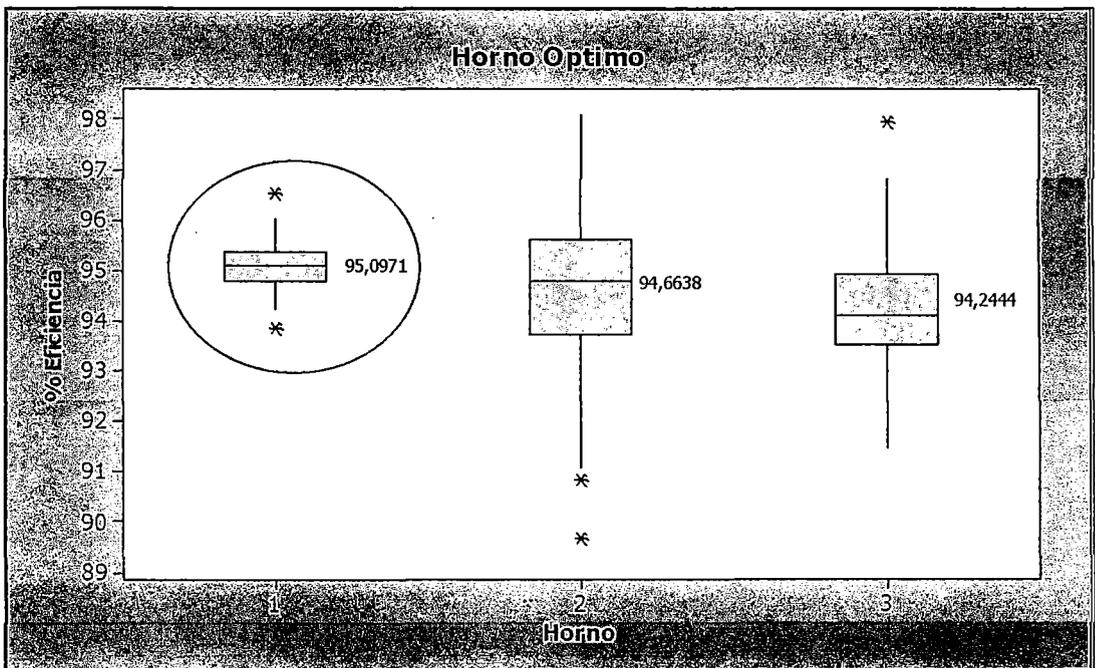


Fuente: elaboración propia.

j) Identificación de horno óptimo.

La mejor eficiencia se ubica en el horno n° 1, las buenas prácticas y especificaciones técnicas relacionadas a este horno serán desplegadas a los demás, a demás la consistencia en los resultados indican poca variación en el horno 1, en promedio se logra una eficiencia de 95.09, esto demuestra que se puede lograr una eficiencia por encima de los 95%.

Grafico 5.10. Hornos.

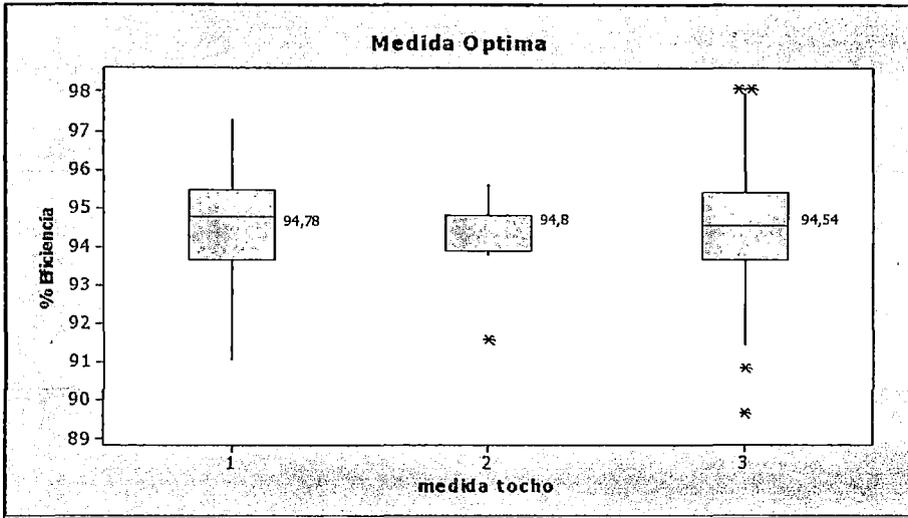


Fuente: elaboración propia.

k) Diseño óptimo de molde :

A raíz de los resultados es indiferente el diseño de los moldes, específicamente existen 3 tipos de moldes diferenciados por el diámetro circular que presentan , esta el molde de 3 ½ " , el de 4" y 6" , estadísticamente no existe una variación significativa, la pulgada de del diámetro del molde no influye en la eficiencia de la colada.

Gráfico 5.11. Medida optima de molde.

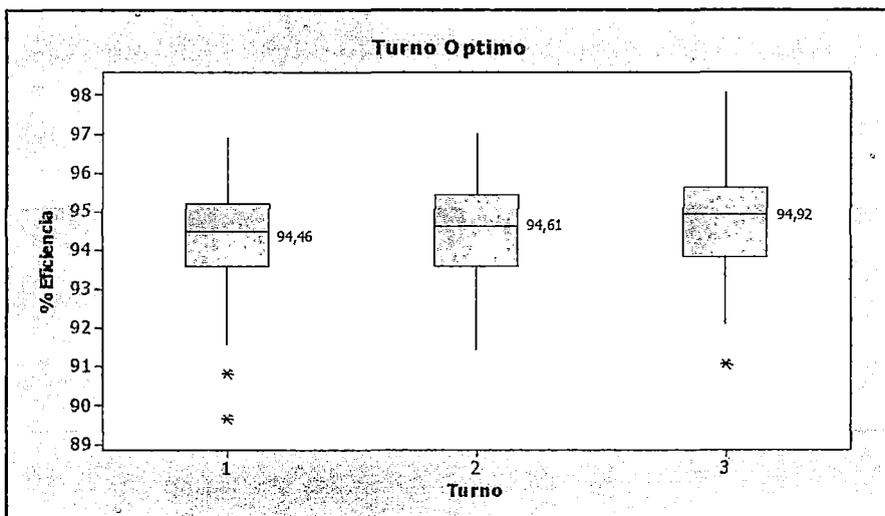


Fuente: elaboración propia.

l) Normalización de la eficiencia por turno.

Inicialmente el turno 3 que va de las 5pm a 5 am representaba la mayor eficiencia promedio, la causa era la alta temperatura del ambiente de trabajo, se instalaron ventiladores en cada punto de trabajo mejorando el ambiente y se propicio el uso de los implementos de seguridad, estas propuestas suman a la estandarización reflejada en los resultados obtenidos

Gráfico 5.12. Normalización eficiencia por turno.

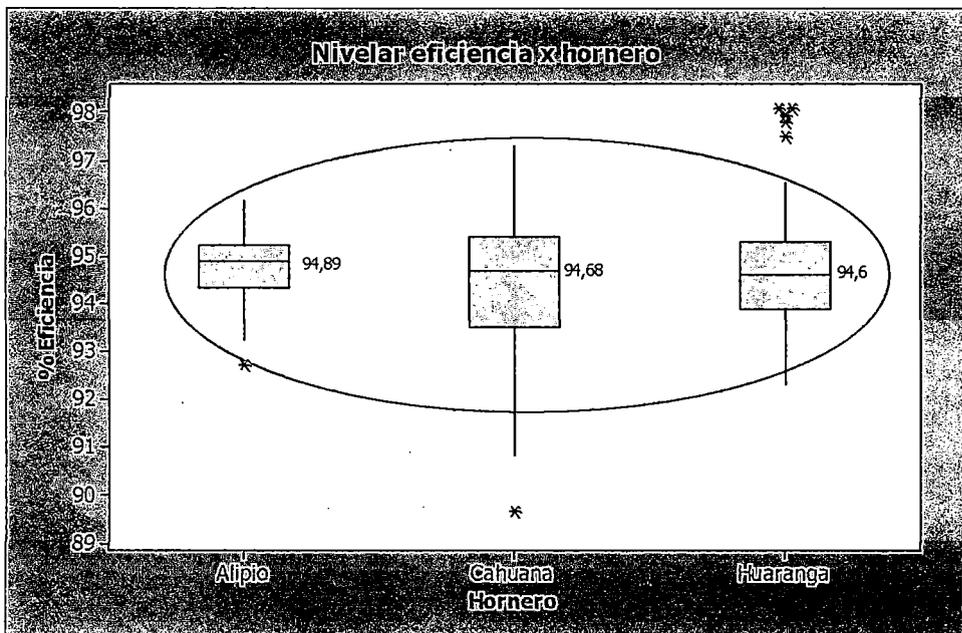


Fuente: elaboración propia.

m) Normalización de la productividad del personal responsable del proceso.

Luego de las capacitaciones y evaluación de competencias realizadas, además del despliegue de los procedimientos óptimos, se logró normalizar la productividad del personal, los resultados reflejan similares resultados en la eficiencia por operario responsable del horno y del proceso en forma rotativa y son los encargados de hacer cumplir los procedimientos y especificaciones técnicas para la colada, la medición inicial mostraba que el maestro Alipio presentaba la mayor eficiencia muy por encima de los colegas, el procedimiento que él realizaba se estableció como procedimiento del proceso, obteniendo estos resultados:

Grafico 5.13. Normalización de la productividad del personal.



Fuente: elaboración propia.

CAPITULO VI

SISTEMA DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LAS MEJORAS.

6.1. SISTEMA DE MEDICIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS.

Se estableció el procedimiento de medición de variables críticas, el almacenamiento, a la seguridad de la información, objetivo, se desplegó a los responsables de la medición análisis y reporte, se estableció que mensualmente se realiza los comités productivos para el análisis de variables críticas. Se diseño para tal fin el formato de levantamiento de información.

Cuadro 6.1. Formato de medición de variables críticas.

REPORTE DE HORNO DE FUNDICION			
Fecha	_____	Horno	_____ Operario
Colada	_____	Nº Fundición	_____ Aleación
H. Inicio	_____	H. Final	_____ Tiempo Total
H. I. Moldeado	_____	H.F. Moldeado	_____ Tiempo Total
Inicio Análisis Q.	_____	Final Análisis Q.	_____ Tiempo Total
Zn Adicionar (kg)	_____	Pb Adicionar (kg)	_____ Otros adicionar (kg)
Inicio Analisis Q.	_____	Final Analisis Q.	_____ Tiempo Total
Temperatura de Vaciado (° C)	_____		
Ø Producto:	_____	Unid. de Produc.	_____ Peso de Prod. (kg)
Ø Producto:	_____	Unid. de Produc.	_____ Peso de Prod. (kg)
			_____ Escoria (kg)
Carga Metalica	_____	Cantidad (kg)	_____ Observaciones
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

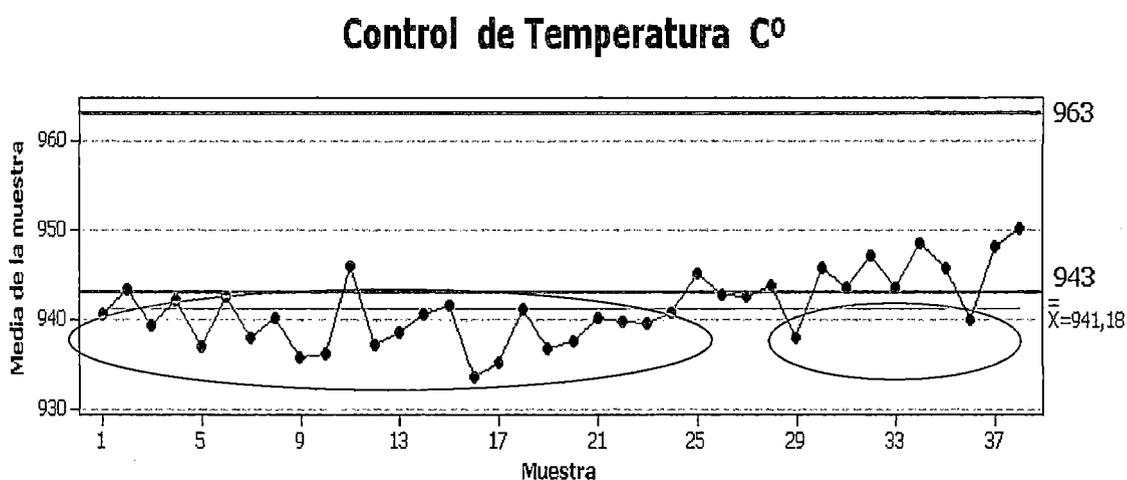
Fuente: elaboración propia.

6.2. MONITOREO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS.

El enfoque tradicional del control de la calidad es el monitoreo de los resultados, permitiendo que los errores generados en las etapas previas ocasionen defectos en la etapa final, el enfoque correcto es monitorear el proceso en todas sus etapas detectando los errores y corrigiendo a tiempo, para nuestro proceso generamos una ficha de levantamiento de información, enfocando en el control de las variables críticas temperatura, tipo de carga y "tiempo ocioso", el monitoreo se realiza con los lineamientos definidos para el proceso:

a) Control de temperatura: cada 20 minutos, a partir de las 2 horas de iniciada la colada hasta las 2:40 horas hora promedio de fin y aprobación de la colada, aprobada la colada control de temperatura al minuto con la pantalla activa del pirómetro introducido en la colada, cualquier variación por encima o debajo del rango [944 a 963] C° se enciende la sirena y se reporta como defecto en temperatura.

Grafico 6.1. Control de la temperatura



Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS: El análisis debe enfocarse en los puntos que salen del rango, estos puntos evidencian la presencia de causas especiales (evidenciables),

estas tienen una razón identificable de ocurrencia que pueden eliminarse y prevenir su ocurrencia, se elaboro un formato para realizar el seguimiento a estas causas especiales y darle solución.

Cuadro 6.2. Formato toma de acción ante causas especiales.

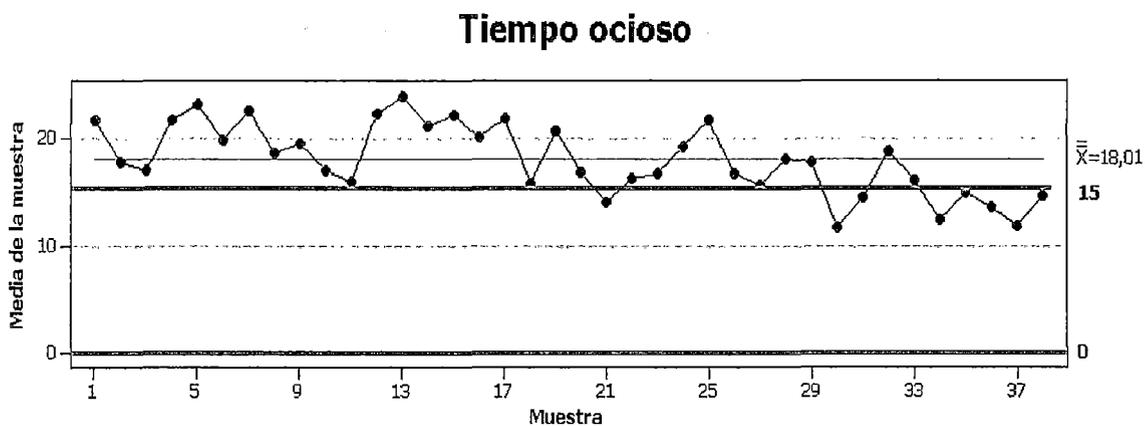
Formato : CAUSAS ESPECIALES : PUNTOS FUERA DEL RANGO			
Identificación de la causa / defecto	Acciones a tomar	Responsable	Fecha de culminación

Fuente: elaboración propia.

b) Control del “Tiempo Ocioso “:

Se identifico que el tiempo no utilizado entre la culminación de la colada y el inicio del vaciado en los moldes, influye de manera directa en al eficiencia, debido a que se producen reacciones no deseadas en ese lapso, inicialmente representaba el 24 minutos en promedio, el valor actual es 15 minutos, sin embrago la meta es 0 minutos, teóricamente no tendría sentido esperar para iniciar el vaciado, la realidad indica la no disponibilidad de recursos en ese lapso , recursos que con una adecuada planificación.

Grafico 6.2. Reducción del tiempo ocioso.



Fuente: elaboración propia.

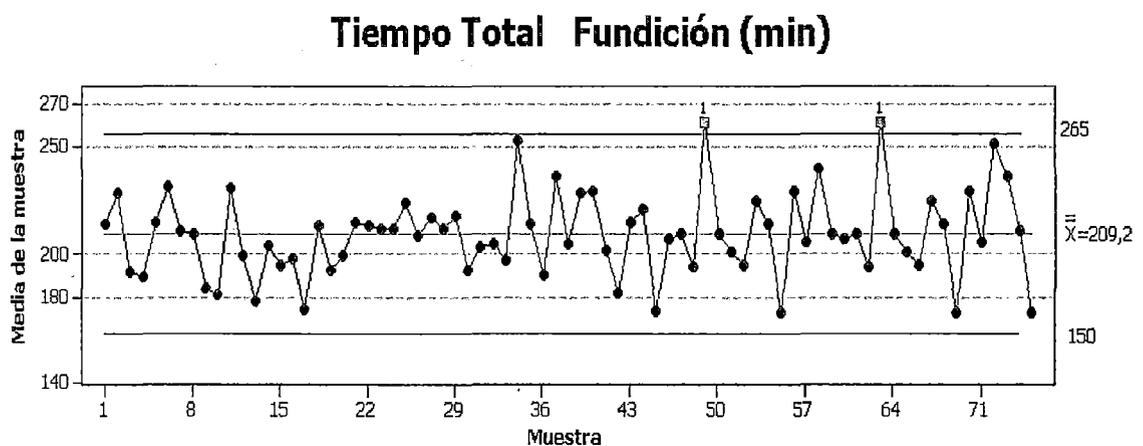
c) Control tipo de carga :

El tipo de carga es la variable crítica identificada más importante, el análisis identifica a la CARGA TIPO 2 como la optima, que es la que previamente pasa por un tema de selección eliminando impurezas y metales no favorables para la colada, se garantiza estableciendo el procedimiento de selección de chatarra dentro del proceso de fundición y dentro de la rutina de inspección diaria del supervisor, además se genera un indicador de selección de chatarra.

d) Control del tiempo total de fundición.

El tiempo total de fundición es importante para la productividad total del proceso, ya que esta permite tener una producción 1.5 veces mas en la producción total. los limites establecidos son que el tiempo total de colada debe estar en el rango [150: 265] min.

Grafico 6.3. Tiempo total de fundición



Fuente: elaboración propia.

6.3. MONITOREO DE INDICADORES Y PROYECTOS.

Definidas los indicadores principales y relacionados, además de los proyectos de solución de las causas, se establece una matriz de seguimiento cuyo objetivo es monitorear el avance de los proyectos de implantación de soluciones y el impacto que estos tienen en los indicadores

definidos. En los indicadores se monitorea el valor inicial antes de las mejoras, el valor meta propuesto y el valor actual alcanzado a la fecha de corte del seguimiento.

Cuadro 6.3. Matriz de seguimiento.

SISTEMA DE CONTROL DE IMPLANTACION DE MEJORA E INDICADORES					PROYECTOS DE MEJORA									
ÁREA: JEFATURA DE PRODUCCION Fecha: Junio Actualizado al: 28-Jul					P1	P2			P3	P4	P5	P6	P7	P8
					1.Elaborar procedimiento de control análisis y selección de chatarra	Capacitar y evaluar personal en competencias básicas y estudio de carga de trabajo	2.Revisión y actualización de procedimiento	Priorizar grúa puente	3. Revisión de sist. medición variables críticas	4.Reducción del tiempo de fundición	5.Establecer producción continua 24 horas	6.Revisión de incentivos	7.Revisión procedimiento de análisis químico	8.Revisión del sistema de mantenimiento
Nº	Indicadores	Valor inicial	Valor meta	Valor actual										
Indicador Principal :														
1	% de Eficiencia Promedio	93.9	95	94.9	9			9			9			
Indicador Relacionado :														
2	Tiempo de análisis químico.	30 min	5 min	10min		9	3	9		3			9	
3	% Merma x rechupe de tocho.	2.96%	2 %	1.5%	9	9	9			3	9			
4	Indicador de productividad laboral	0.9 tn/trab	1.5 tn/trab	1.2 tn/trab		9	3	9		3	9			9
5	Ingreso promedio x trabajador	100%	150%	130%		9	3			33			3	
6	Nº de coladas / día	72	120	150		9	3							9
7	% de incumplimiento	80 %	50%	51.49%	9	9	9	9		3	3			3
% de Cumplimiento Promedio				100%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

CAPITULO VII

EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Para la sustentabilidad del proyecto de mejora se realiza el análisis económico respectivo, con el objetivo de demostrar que la implementación de las propuestas de mejora, permitirá una serie de ingresos que desde el punto de vista económico financiero es totalmente viable, como se demuestra en los cuadros siguientes:

Cuadro. 7.1 Inversión en las mejoras.

E G R E S O S		
Instalación y cambio de crisol	S/	80.000,00
Instalación y compra de soplete	S/	2.000,00
Compra de Cayana	S/	5.300,00
Instalación de sensores para control de temperatura	S/	16.000,00
Instalación y compra de 6 ventiladores	S/	12.000,00
Incorporación de 2 personas	S/	14.400,00
Instalación de alarmas en fundición	S/	680,00
Instalación de intercomunicadores	S/	560,00
TOTAL DE EGRESOS	S/	99.300,00

Cuadro. 7.2. Ingresos por implementación de las mejoras.

IMPACTO ECONOMICO DEL PROYECTO						
merma total (kg)	periodo (meses)	promedio x día	costo x kg insumo	costo de oportunidad (venta) x		
48777,1	7	68,60	15	27		
83617,88571	12					
costo merma Anual (merma total 6.1 %)		S/	\$	COSTO DE OPORTUNIDAD ANUAL	S/	\$
		1.254.268,29	440.094,14		2257682,914	792.169,44
costo merma MENSUAL (merma total 6.1 %)				COSTO DE OPORTUNIDAD MENSUAL.		
		104.522,36	36.674,51		188.140,24	66.014,12
% de mejora = 1,1 % de la merma	ANUAL		MENSUAL			
	S/	\$	S/	\$		
	226.179,53	79.361,24	18.848,29	6.613,44		

El flujo de caja a realizar tendrá la característica de flujo económico, debido a que la empresa tendrá que asumir la inversión en las propuestas de mejora, pero cabe señalar que mucha de las aplicaciones de mejora, solamente se realiza con recursos propios del área, ya que son soluciones creativas, con lo que se tiene se mejora, pero sin embargo existe inversiones que potencializan las mejoras.

Para la evaluación del proyecto se usara los siguientes indicadores:

- a) VAN: VALOR PRESENTE NETO.
- b) TIR: TASA INTERNA DE RETORNO.

Cuadro 7.3 FLUJO DE CAJA PROYECTADO

RUBRO		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
INGRESOS								
Ahorro por incremento de la eficiencia.	S/	0	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53
TOTAL DE INGRESOS	S/	0	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53
EGRESOS								
Instalacion y cambio de crisol	S/	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00
instalacion y compra de solplete	S/	2.000,00		2.000,00		2.000,00		2.000,00
compra de Cayana	S/	5.300,00		5.300,00		5.300,00		5.300,00
instalacion de sensores para control de tempertura	S/	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00
instalacion y compra de 6 ventiladores	S/	12.000,00		12.000,00		12.000,00		12.000,00
incorporacion de 2 personas	S/	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00
instalacion de alarmas en fundicion	S/	680,00		680,00		680,00		680,00
instalacion de intercomunicadores	S/	560,00		560,00		560,00		560,00
TOTAL DE EGRESOS	S/	99.300,00	110.400,00	130.940,00	110.400,00	130.940,00	110.400,00	130.940,00
FLUJO DE CAJA ECONOMICO	S/	(99.300,00)	115.779,53	95.239,53	115.779,53	95.239,53	115.779,53	95.239,53
TASA DE DESCUENTO (COK)		27.35% anual						
VAN FCE	s/	68.563,00	Es mayor que cero (0), por tanto el proyecto de mejora es viable					
TIR FCE		48%	Es mayor que la tasa de descuento (27.71%) por lo tanto el proyecto es viable.					

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- a) Se mejoró el indicador principal de eficiencia en fundición, del valor inicial 93.8%, al valor final de 94.96% obteniéndose la meta propuesta.
- b) Mejora de la capacidad de proceso, del valor inicial $C_p = 0.77$ al valor final $C_p = 0.93$, esto refleja que el proceso es capaz de cumplir en mayor % las exigencias del cliente, específicamente existe mayor cantidad de coladas que cumplen con la especificación del cliente.
- c) Mejora del nivel Sigma: el valor inicial fue de $\sigma = 0.85$ a valor final $\sigma = 1.6$ indicando la mejora en el proceso en la reducción de la variación y en el % de defectos, convirtiéndose en un proceso mas estable y mas competitivo, teniendo un margen aun de mejora potencial.
- d) Se Incrementó la productividad: antes de las mejoras la cantidad promedio de coladas era 78 (mensual) , luego de las mejoras implementadas el promedio subió a 112 coladas , llegando a tener 150 coladas (mayo), esto representa que la producción se incremento de 1 a 1,5 en promedio, esto incurre en mayores ingresos para la empresa y máximo uso de los recursos y capacidad instalada, es como tener 1.5 veces la empresa.

- e) Se redujo el tiempo de fundición, de 250 minutos a 209, esto implica poder realizar mayor número de coladas en el año y la reducción de costos operativos.
- f) Reducción del tiempo ocioso de 24 minutos a 15 minutos, el objetivo es reducirlo a 0 minutos, por que no tiene sentido que habiéndose realizado la colada no se proceda al vaciado, esta reducción influye en reducción de costos operativos.
- g) Se redujo la cantidad de pruebas y el tiempo de análisis químico, inicialmente se realizaba 3 pruebas y el análisis demorada 30 minutos, ahora solo 1 y el tiempo de análisis se redujo por debajo de los 10 minutos.
- h) Se identifico el rango óptimo de variación de temperatura para las coladas, al no contar con tecnología y ser mas preciso en identificar la temperatura, con los recursos actuales y sin mayor inversión se identifico que la temperatura debe ser controlada entre 943 y 960 C.
- i) Se identifico la carga optima de chatarra para la fundición, esta es la carga tipo 2, que es aquella que pasa por un proceso previo de selección para garantizar que no se filtren escorias que produzcan impurezas en la aleación.
- j) Se logró normalizar la eficiencia y eficacia de los hornos y del personal responsable, formalizando los procedimientos óptimos en mantenimiento y en producción, capacitando al personal y mejorando el proceso de mantenimiento preventivo.
- k) La identificación del nivel de madures de los procesos y en general de la empresa es imprescindible a la hora de pensar en implementar el lean six -sigma, no es lo mismo un proceso con datos, que un proceso con datos correctos y validados, el proceso debe tener identificada y definida sus etapas, debe estar consiente

del costo de la NO calidad, debe tener medido el % de defecto en cada etapa, debe tener identificado cuando es que ocurre un defecto, etc. En resumen el nivel de estandarización del proceso es requisito importante antes de pensar en lean Seis Sigma.

l) La aplicación de la metodología requiere de una rigurosidad en el cumplimiento y la aplicación de las herramientas adecuadas, el no hacerlo puede hacerte decaer en errores y distorsionar el resultado.

m) La mejora de la eficiencia esta supeditada a múltiples factores, entre ellas causas factibles de solución y otras no factibles a corto plazo, debido a la complejidad tecnológica que representan. Reducir a un mas la variación de la temperatura , requiere de la instalación dentro de los hornos de dispositivos electrónicos cuyo costo de implementación no es factible a corto plazo, mas es inminente a largo plazo, por tener un gran potencial de mejora en este aspecto y al enorme impacto económico resultado de el primer ciclo de mejora.

n) El nivel de competencias del recurso humano es importante en todo proyecto, en nuestro caso identificamos la falta de aprendizaje organizacional en temas de calidad y productividad, en todos los niveles, esto retraso el proyecto de mejoras, ya que primero se tuvo que nivelar las competencias y desplegar el conocimiento a todos los niveles.

o) El aseguramiento de las mejoras, se consolido con la formalización de procedimientos, el despliegue de la política de calidad de: cero defectos, cero desperdicios, 100% de participación del personal, 100% de cumplimiento de requisitos.

RECOMENDACIONES:

- a) Se debe realizar un alto al proceso productivo y desarrollar el diseño de experimentos requerido para continuar optimizando los rangos de variación de las variables críticas, esto obviamente incurrirá en costos productivos, pero queda demostrado con el análisis costo beneficio la factibilidad de las iniciativas de mejora.

- b) Implementación de tecnologías de información en el control de la temperatura, en la selección de la chatarra, en la eliminación del tiempo ocioso, existe aun una gran potencial de mejora, cualquier variación por más pequeña que sea en la eficiencia representa un gran impacto económico para la empresa.

- c) Desplegar capacitación a todo el personal, en todos los niveles, enfocado a eliminar las debilidades en 3 aspectos: debilidades funcionales, debilidades en liderazgo y debilidades en aspectos técnicos. Esto garantiza un recurso humano competente, con la confianza necesaria para la toma de decisiones y para la propuesta de mejoras.

- d) Consolidación de la política de calidad, la definición de competencias y política de promociones para consolidar el compromiso del personal con la empresa, más que incrementar el sueldo, el personal quiere que su trabajo sea reconocido y que exista un proyecto de crecimiento profesional.

- p) A nivel de proveedores generar una política de apertura y creación de nuevos proveedores, y consolidar los que existen actualmente, mecanismos existen, monitorear a la competencia, realizar encuestas de satisfacción de cliente, etc.

GLOSARIO DE TERMINOS

Misión: Razón de ser Negocio (s) en que queremos estar. Vocación.

Visión: Lo que queremos ser, cómo queremos vernos: sitios, posición, nuestros compromisos.

Objetivos: Posición en temas específicos que queremos alcanzar en mediano - largo plazo (cuantificables).

Stakeholders: Aquellos sectores o personas que tienen derecho (o le atribuimos el derecho) de esperar que la empresa satisfaga parcial o totalmente sus necesidades y/o expectativas válidas (Accionistas, Clientes, Comunidad, Gobierno y Personal).

Valores: Creencias, principios que orientan la acción y las decisiones.

Metas : Nivel cuantitativo a lograr en un objetivo o un componente del mismo.

Estrategias: Los medios y/o cursos de acción en posición, ubicación, capacidad, integración, entre otros para lograr los Objetivos Estratégicos.

Proyectos: Conjunto de actividades que se deben realizar para llevar adelante e implantar una estrategia (desde viabilidad hasta...).

Programas: Conjunto de actividades, criterios, principios que se deben realizar para llevar una política a la práctica (Proceso?)

Políticas: Lineamientos y reglas de decisión y actuación para los diferentes temas en una empresa: calidad, seguridad, personal, relaciones con proveedores, etc.

SIPOC:

S (suppliers - proveedores-) aquellos que proporcionan los insumos necesarios para que el proceso comience. Estos insumos pueden ser físico y/o información.

I (input -entradas/insumos-) las materias primas y/o información que desencadenan el proceso.

P (process -procesos-) el conjunto de tareas que realizamos para realizar el proceso.

O (output -salida/producto-) es lo que entregamos según el pedido que entró.

C (customer - cliente-) Para quién hemos fabricado el producto.

CTQs : Críticos para la calidad , requisitos que el cliente exige.

AMEF : Análisis de modos y efectos de las fallas.

Quick Wins: soluciones rápidas que no requieren mayor análisis.

QFD (Quality Function Development): El despliegue de la función de la calidad es un sistema que busca focalizar el diseño de un producto o servicio a la satisfacción de las necesidades de los clientes, al darles a estas una prioridad de su intervención en el desarrollo del diseño. Sin embargo, en algunos casos basta con un formato de cuestionario que provea de un mapa porcentual de respuesta de los clientes.

Matriz Causa-Efecto: Es una tabla de doble entrada que relaciona los requerimientos de los clientes (Que(s)) con los procesos del negocio (Como(s)) con el fin de priorizar de dar enfoque al proyecto six sigma priorizando los procesos a mejorar y los requerimientos atacar.

BIBLIOGRAFIA

- Humberto Gutiérrez Pulido (2009), Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, editorial Mc Graw Hill (segunda edición).
- Edgardo J. Escalante, Seis Sigma Metodología y Técnicas(2003), Limusa Noriega Editores.
- F. Cecil Mills, Métodos Estadísticos aplicados a la economía y a los Negocios (1960), Editorial Madrid.
- Peter S. Pande, Robert P. Neuman (2004), Claves practicas de Seis Sigma, editorial Mc Graw Hill.
- Douglas C. Montgomery (1996), Probabilidad y Estadística aplicada a la ingeniería, editorial Mc Graw Hill.
- Keith Lockyer (1990) Control de la Calidad y Producción Industrial, editorial Alfa y Omega.
- Raymundo A. Higgins (2001), Ingeniería Metalúrgica.
- Tecnología de moldeo de fundición, Luis A. Olivia.